

Praxisnahe
Tipps für
Lehrkräfte

Miterleben, wie Wissen entsteht

Mit Schülerinnen und Schülern
im Unterricht forschen

Jenny Meßinger-Koppelt,
Jennifer Plath (Hrsg.)



JOACHIM
HERZ
STIFTUNG



Joachim Herz Stiftung

Die gemeinnützige Joachim Herz Stiftung arbeitet überwiegend operativ und ist vorrangig in den Themenfeldern Naturwissenschaften, Wirtschaft sowie Persönlichkeitsbildung tätig. In diesen drei Bereichen werden auch kleine, innovative Projekte Dritter gefördert. Seit 2017 unterstützt die Stiftung zudem Forschungsprojekte in den Themenfeldern Medizin und Recht. Die Joachim Herz Stiftung wurde 2008 errichtet und gehört zu den großen deutschen Stiftungen.



14



20



28

38



Inhalt

- 2 Forschen im Unterricht**
Einführung
- 4 Forschen in der Schule – was heißt das eigentlich?**
Stimmen aus Schule und Hochschule
- 6 Mit Schülerinnen und Schülern forschen(d) lernen**
Wie kann ein authentisches Bild der Naturwissenschaften entstehen?
- 10 Vertrauen schafft Selbstvertrauen**
Interview mit den Schülern Jasper Nissen und Simon Jacobs
- 13 Was würdest du gerne einmal erforschen?**
Aus diesen Interessen könnten Forschungsprojekte werden
- 14 Kleine Fragen – große Erkenntnisse**
Lernende beim Forschen inspirieren, unterstützen und begleiten
- 20 Wie der Funke überspringt**
Interview mit Schülerin Beri Tülay Binboga
- 23 Mit gutem Beispiel voran**
Diese Forschungsvorhaben helfen bei der Themenfindung
- 24 Das Forschen im Blick**
Unterstützendes Material für Schülerinnen und Schüler konzipieren
- 28 Lernende mit auf die Reise nehmen**
Besuch bei einer Forscherklasse
- 34 Wissenschaft zum Mitforschen**
Citizen Science für die Schulpraxis
- 38 Versuch macht klug**
Interview: Jürgen Paul verrät, wie Forschung im Schulalltag gelingt
- 44 Es muss nicht immer ein Vortrag sein**
Präsentationsmöglichkeiten für Forschungsprojekte
- 46 Literaturangaben**

Forschen im Unterricht

Forschungsprojekte vermitteln Fachwissen, geben Einblicke in wissenschaftliche Arbeitsweisen und lassen Schülerinnen und Schüler selbst aktiv werden. Dieser Artikel bietet eine Einführung in das Thema Forschen im Unterricht und stellt die Beiträge der Broschüre vor.

Jennifer Plath und Jenny Meßinger-Koppelt, Joachim Herz Stiftung

Kinder im Vor- und Grundschulalter entdecken mit Neugier die Welt und wollen in Alltag und Schule eigenen kleinen Fragen nachgehen. In der weiterführenden Schule bleibt jedoch immer weniger Zeit, um diese neugierig-forschende Grundhaltung ausleben zu können und auch das Interesse der Jugendlichen daran lässt häufig nach. Dabei bieten Forschungsprojekte viele Lerngelegenheiten und Einblicke, die für unsere heutige Zeit wichtig sind. Indem Schülerinnen und Schüler eigene Fragestellungen verfolgen, zu Ergebnissen gelangen und diese interpretieren, erleben sie, wie wissenschaftliches Wissen entsteht. Dadurch lernen sie Erkenntnisse angemessen zu bewerten und einzuordnen. Das ist eine wichtige Grundlage, um sich ein eigenes Urteil zu bilden und eigenverantwortlich handeln zu können.

Arbeiten mit jungen Forscherinnen und Forschern

Schülerinnen und Schüler haben durchaus Interesse daran, Dingen auf den Grund zu gehen. Das zeigt sich zum Beispiel in Forscher-AGs, die an einigen Schulen angeboten werden, und in Schülerforschungszentren, wo Kinder und Jugendliche sich treffen und frei an eigenen Themen forschen. In dieser Broschüre zeigen Expertinnen und Experten aus Schulpraxis und Hochschule an konkreten Beispielen, wie im naturwissenschaftlichen Regelunterricht ab der Sekundarstufe 1 Raum und Zeit für forschendes Arbeiten geschaffen werden kann.

Im naturwissenschaftlichen Unterricht mit Schülerinnen und Schülern zu forschen ist an sich keine neue Idee. Methodische Ansätze wie das

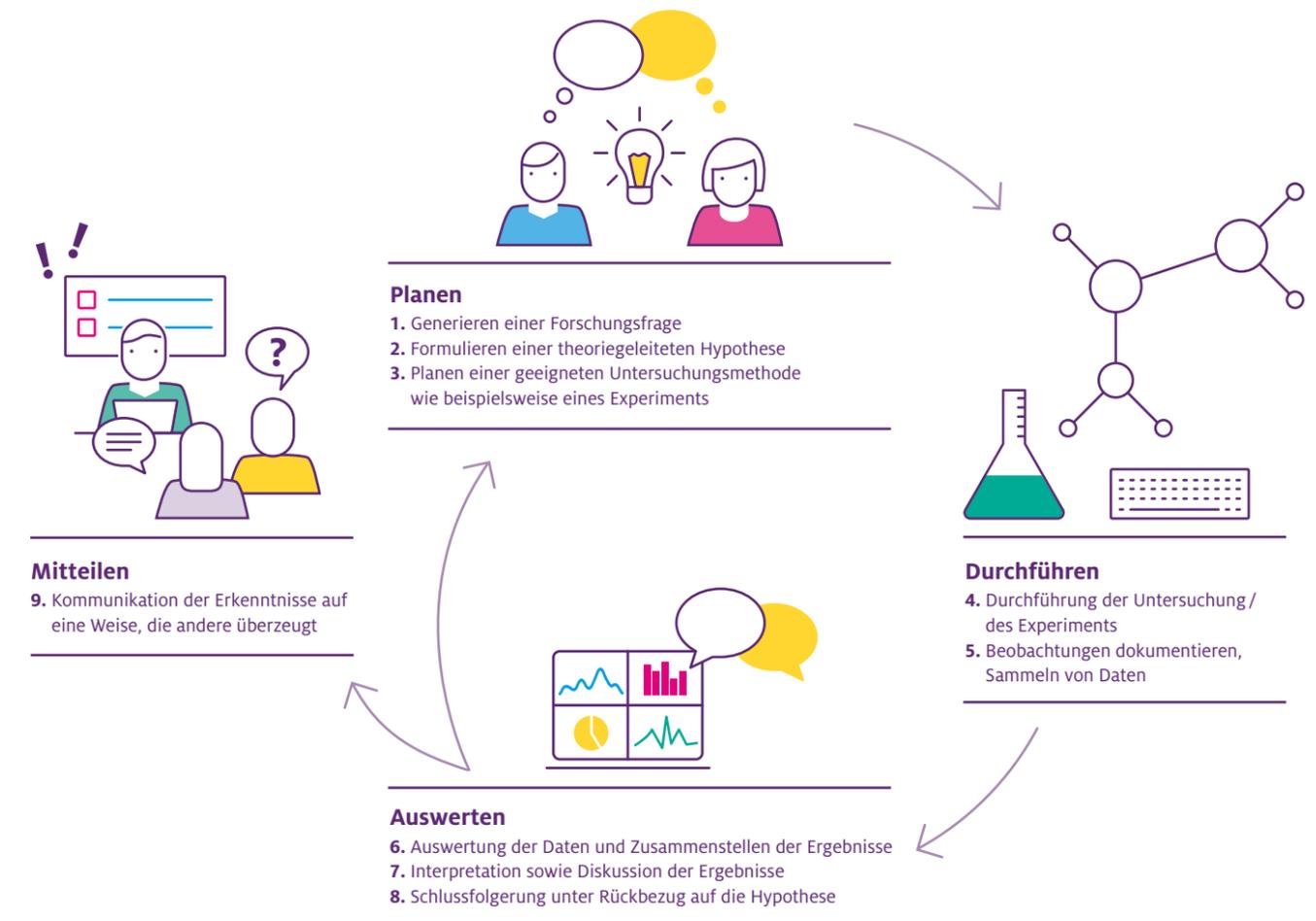
forschend-entdeckende Lernen (Nerdel, 2017) tragen dem Umstand Rechnung, den Schülerinnen und Schülern neben Fachwissen auch naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen zu vermitteln sowie die Lernenden im Sinne der Handlungsorientierung selbst aktiv werden zu lassen. In seinem Beitrag „Mit Schülerinnen und Schülern forschen(d) lernen. Wie kann ein authentisches Bild der Naturwissenschaften entstehen?“ gibt Till Bruckermann einen Überblick, welche Lernziele und curricularen Kompetenzen durch die Integration des Forschens in den Unterricht verfolgt werden können. Idealerweise durchlaufen die Schülerinnen und Schüler die typischen Schritte eines Forschungsprozesses (siehe Abbildung). Oft kann der Prozess nicht vollständig oder gar regelmäßig im Unterricht durchlebt werden. Zielführend ist jedoch auch, immer wieder einzelne Schritte des Forschungszyklus zu thematisieren und zu üben, um auf diese Weise naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen schrittweise zu erlernen (Paul et al., 2016).

Forschendes Lernen in der Schulpraxis

In seinem Beitrag „Kleine Fragen – große Erkenntnisse. Lernende beim Forschen inspirieren, unterstützen und begleiten“ geht Jürgen Paul auf die Rolle der Lehrkräfte beim Forschen ein. Der Autor formuliert praxisnahe Tipps zum Arbeiten mit jungen Forscherinnen und Forschern sowie 10 Fragen zum Alltag, um Jugendliche dabei zu unterstützen, ihr Forschungsthema zu finden. Der Beitrag „Lernende mit auf die Reise nehmen“ begleitet eine Forscherklasse in einer ihrer ersten Forscherstunden und gibt einen Einblick in die Vorbereitung

Typische Schritte eines Forschungszyklus

(in Anlehnung an Pedaste et al., 2015)



und die Durchführung einer solchen Stunde. Zwei Gespräche mit Jugendlichen, „Vertrauen schafft Selbstvertrauen“ und „Wie der Funke überspringt“, ergänzen den Beitrag. In dem Interview „Versuch macht klug. Wie Forschung im Schulalltag gelingt“ geht Jürgen Paul näher auf mögliche Herausforderungen ein und verrät, wie zum Beispiel organisatorische Hürden gemeistert und Zeit für Forschungsprojekte gewonnen werden kann.

Christine Köhler rückt in „Unterstützendes Material für Schülerinnen und Schüler konzipieren“ das Thema Unterrichtsmaterial in den Mittel-

punkt ihres Beitrags. Sie zeigt an einem konkreten Beispiel, wie eine klassische Versuchsvorschrift so adaptiert werden kann, dass sie zu eigenen Forschungsprojekten anregt. Dass es nicht immer gleich eigene Forschungsprojekte sein müssen, zeigt Julia Lorke in ihrem Beitrag „Wissenschaft zum Mitforschen – Citizen Science für die Schulpraxis“ und beschreibt, wie Bürgerwissenschaftsprojekte den Einstieg in die Wissenschaft ebnen. Darüber hinaus bieten einige Beiträge weiterführende Literatur, die gesammelt am Ende der Broschüre aufgeführt wird. ■

Forschen in der Schule – was heißt das eigentlich?

Es ist gar nicht so leicht zu sagen, was Forschung an der Schule wirklich bedeutet, deshalb haben wir uns bei unseren Autorinnen und Autoren sowie an den Schulen umgehört.

„Entscheidend ist – egal ob man in der Schule oder sonst wo forscht –, dass der Ausgang der Untersuchung noch unbekannt ist. Wenn ich also eine Frage stelle, die ich noch nicht beantworten kann und die ich z. B. mit einem Experiment oder einer anderen Untersuchungsmethode angehen will, dann bin ich im Forschen.“

◆
Jürgen Paul

„Ich habe oft das Gefühl, dass Schülerinnen und Schüler verlernt haben, Fragen zu stellen, und alles als gegeben hinnehmen. Durchs Forschen können wir sie genau dazu bringen, Fragen zu stellen, Ergebnisse zu hinterfragen und weiterzudenken.“

◆
Christine Köhler

„In der Schule steht bei Experimenten fest: Der Lehrer möchte, dass man ein bestimmtes Ziel erreicht. Er möchte mit einer Stunde ganz viele Sachen vermitteln, die man dann aufnehmen muss. Beim Forschen lernt man, finde ich, mehr Sachen, als man gezielt lernen möchte.“

◆
**Simon
(9. Klasse)**

„Forschen heißt auch gucken, was andere dazu schon gemacht haben.“

◆
**Sarah
(5. Klasse)**

„Ich finde, es gibt immer einen Unterschied zwischen Forschen und Experimentieren. Beim Forschen nimmt man das Ganze eher selbst in die Hand. Man bereitet die Experimente selbst vor und führt sie selbst durch.“

◆
**Beri
(9. Klasse)**

„Für mich ist Forschen, wenn man sich über ein Thema, das einen interessiert, informiert und dann neue Dinge darüber herausfindet.“

◆
**Hannah
(8. Klasse)**

„Na, Forschen heißt, wenn ich etwas Neues entdecken will!“

◆
**Konstantin
(6. Klasse)**

„Beim Forschen versucht man, etwas Neues zu finden, was noch nicht erforscht wurde.“

◆
**Johannes
(7. Klasse)**

„Beim Forschen ist es eher so, dass man ein undefiniertes Ziel hat. Man arbeitet auf irgendetwas hin und guckt, wie gut man da hinkommt. Ich finde, Forschen ist, dass man das Wissen der Allgemeinheit weiterbildet, dass man Erkenntnisse gewinnt, die noch keiner vorher hatte.“

◆
**Jasper
(9. Klasse)**

„Forschen in der Schule bedeutet für mich, im Dreischritt des forschenden Lernens auch den letzten Schritt zu gehen. Also erstens das Forschen zu verstehen, zweitens das Forschen zu üben und dann im dritten Schritt selbst zu forschen. Und eben nicht auf den ersten beiden Schritten – Forschen verstehen und Forschen üben – zu verharren.“

◆
Till Bruckermann

„Forschen bedeutet für mich, (erfahrungs-) wissenschaftliche Erkenntnis zu gewinnen oder auf ein bestimmtes Ziel hinzuarbeiten.“

◆
**Annika
(7. Klasse)**



Mit Schülerinnen und Schülern forschen(d) lernen

Wie kann ein authentisches Bild der Naturwissenschaften entstehen?

Zu einer naturwissenschaftlichen Grundbildung gehört, sich mit Erkenntnisprozessen der Naturwissenschaften auseinanderzusetzen. Forschen in der Schule hat das Potenzial, ein authentisches Bild von Wissenschaft zu vermitteln. Darüber hinaus können vielfältige Lernziele erreicht werden, welche in den Bildungsstandards formuliert sind. Aber wie schaffen Lehrkräfte entsprechende Lerngelegenheiten? Und in welchen Formen kann Forschen überhaupt in den Unterricht integriert werden?

Till Bruckermann, Leibniz Universität Hannover

◀ **Lerngelegenheiten nutzen.** Durch eigene Forschungsvorhaben lernen Schülerinnen und Schüler, eigenständige Entscheidungen zu treffen und diese zu reflektieren.

Naturwissenschaftliche Grundbildung – mal zwei

Unterricht in den naturwissenschaftlichen Fächern soll nicht nur die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler von morgen hervorbringen, sondern alle Lernenden befähigen zu erkennen, wann und wie ihnen naturwissenschaftliche Erkenntnisse nützlich sein können. Beide Ziele entsprechen den Forderungen nach einer naturwissenschaftlichen Grundbildung (scientific literacy). Nach Roberts (2007) beinhaltet diese zwei Visionen: Laut Vision I vermittelt Unterricht in den naturwissenschaftlichen Fächern Fachinhalte und Arbeitsweisen der Naturwissenschaften. Gemäß Vision II arbeitet der Unterricht die Bedeutung der Naturwissenschaften für lebensbezogene Fragen des Individuums und der Gesellschaft heraus (Übersicht in Fischler et al., 2018).

Kompetenzen: Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Bewertung

Um diese Ziele zu erreichen, soll der Unterricht ein authentisches Bild der Naturwissenschaften vermitteln (Stamer et al., 2021). Dazu gehört, die Denk- und Arbeitsweisen naturwissenschaftlicher Forschung möglichst umfassend darzustellen. Dieses authentische Bild kann die spätere Berufswahl von Lernenden beeinflussen und sie befähigen, die Bedeutung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse für lebensbezogene Fragen einzuschätzen – sowohl in formellen (z. B. dem Unterricht) als auch in informellen Kontexten (z. B. den Medien). Um den großen Herausforderungen wie dem Klimawandel, Pandemien und dem Verlust von Biodiversität entgegenzutreten, brauchen Lernende nicht nur Kompetenzen zum Umgang mit fachlichen Themen (Kompetenzbereich Fachwissen), sondern auch Kompetenzen in solchen Prozessen, mit denen naturwissenschaftliche Forschung zu Erkenntnissen gelangt (Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung) sowie Kompetenzen zum Bewerten naturwissenschaftlicher Erkenntnisse in verschiedenen Kontexten (Kompetenzbereich Bewertung).

Forschen in der Schule: ein authentisches Bild?

Im naturwissenschaftlichen Unterricht sind Experimente das Mittel der Wahl, um Inhalte oder Methoden zu veranschaulichen. Aber das reicht häufig nicht aus, um naturwissenschaftliche Forschungsprozesse abzubilden und ein authentisches Bild entstehen zu lassen, und zwar aus den folgenden Gründen (Höttecke & Rieß, 2015):

- ◆ Fokus auf manuelle Tätigkeiten ohne Reflexion des Erkenntnisprozesses
- ◆ Produktion von Effekten, die nicht hinsichtlich ihres Entstehungsprozesses (Entscheidungen über Methoden) reflektiert werden
- ◆ Ausschluss von unerwarteten Daten, die dem gewünschten Ergebnis widersprechen
- ◆ Fokus auf Daten statt auf Evidenz, welche auf der Aushandlung von theoretischen Annahmen beruht

Wenn Denk- und Arbeitsweisen nicht explizit thematisiert und reflektiert werden, sondern „nur“ Fachwissen vermitteln, dann werden Lerngelegenheiten zum naturwissenschaftlichen Forschungsprozess ausgelassen. Häufig ist es dann so, dass die Lernenden zwar mit Materialien umgehen und diese manipulieren können, aber nicht wissen, welches Ziel durch diesen Umgang verfolgt wird. Dabei ist neben dem Hands-on, also dem Umgang mit Materialien und Geräten, das Minds-on, also das Reflektieren über Arbeitsschritte, genauso wichtig.

Das Experimentieren (d. h. ein hypothetisch-deduktives Vorgehen) ist erst einmal nur eine der vielen naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen, neben beispielsweise dem Modellieren oder dem Kategorisieren und Klassifizieren (Kind & Osborne, 2017). Im Unterricht erfüllen Experimente unterschiedliche Zwecke. Sie dienen etwa als Demonstrationsexperiment, wenn ein Inhalt oder eine Methode veranschaulicht werden soll. Lernende, die selbst forschen, können durch Experimente aber auch einer eigenen Fragestellung nachgehen und authentischer Forschung so ein Stück näherkommen. Der Forschungsprozess bietet Lerngelegenheiten, in denen (theoretische) Annahmen zum Phänomen, methodische Herangehensweisen, Daten und Analysen aufeinander bezogen werden (Höttecke & Rieß, 2015). Die Offenheit des Prozesses verlangt Entscheidungen der Lernenden und ihre Reflexion über diese Entscheidungen. Das Forschen in der Schule bietet so Gelegenheiten, die Schülerinnen und Schüler von einem eher routinierten Umgang mit Materialien und Geräten zur Produktion von Effekten, zu eigenständigen Entscheidungen über Fragestellung und Methoden zu führen. Wie das Experiment genutzt wird, zur Demonstration oder als Arbeitsweise, hängt davon ab, wie forschungsnaher Unterricht umgesetzt wird (vgl. S. 9). ▶



Wie Forschung auf den Lehrplan passt

Beispiel 1 Projektwettbewerbe in den Naturwissenschaften

Schülerinnen und Schüler bearbeiteten in Wettbewerben eine für sie relevante Fragestellung. Dies kann in Form einer Projektarbeit zu einem fächerübergreifenden Thema, zum Beispiel Nachhaltigkeit, geschehen. Bei sogenannten sozio-wissenschaftlichen Problemstellungen erweitern sie die deskriptive, naturwissenschaftliche Perspektive, indem sie mögliche Lösungen auch aus einer normativen, gesellschaftlichen Perspektive unter Rückgriff auf Überzeugungen und Werte beurteilen (Garrecht et al., 2020). Dadurch wird eine naturwissenschaftliche Grundbildung im Sinne der Vision II gefördert, die Schülerinnen und Schülern ermöglicht zu erkennen, wann und wie ihnen naturwissenschaftliche Erkenntnisse bei alltäglichen Fragen helfen können. Beispiele für Projektwettbewerbe finden Sie auf Seite 23 dieser Publikation.

► Lernziele

Dadurch werden insbesondere Kompetenzen im Bereich der Bewertung gefördert, sodass die Schülerinnen und Schüler zum Beispiel

- ◆ im Physikunterricht „alternative technische Lösungen auch unter Berücksichtigung physikalischer, ökonomischer, sozialer und ökologischer Aspekte [vergleichen und bewerten]“ können (B2);
- ◆ im Biologieunterricht „Handlungsoptionen einer umwelt- und naturverträglichen Teilhabe im Sinne der Nachhaltigkeit [erörtern]“ können (B7).

Beispiel 2 Reflexion der Untersuchungsmethode

Projekte zum Mitforschen stellen häufig wissenschaftliche Daten zur Verfügung, die weiterverarbeitet werden sollen. Dadurch bekommen Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit, an aktuellen Forschungsprojekten mitzuarbeiten. Dabei müssen sie methodische Fragen des Vorgehens reflektieren, da der Projektfortschritt von einem sauberen Vorgehen abhängt (Bruckermann & Mahler, 2021). Außerdem können im naturwissenschaftlichen Unterricht Fragen zur Validität, Objektivität und Reliabilität von Daten thematisiert werden, die bei Versuchen mit bekanntem Ergebnis häufig nicht gestellt werden (Höttecke & Rieß, 2015). Diese Reflexion ist beispielsweise für das kriterienbezogene Beobachten besonders wichtig, da von theoretischen und methodischen Vorannahmen abhängt, was beobachtet wird.

► Lernziele

Das Mitforschen in wissenschaftlichen Forschungsprojekten kann so Kompetenzen im Bereich der Erkenntnisgewinnung fördern und folgende Lernziele ermöglichen:

- ◆ Im Biologieunterricht „ermitteln [die Schülerinnen und Schüler] mithilfe geeigneter Bestimmungsliteratur im Ökosystem häufig vorkommende Arten (E4)“ (Wellnitz et al., 2012, S. 290), indem beispielsweise Tier- und Pflanzenarten bestimmt und dokumentiert werden.
- ◆ Im Physikunterricht „werten [die Schülerinnen und Schüler] gewonnene Daten aus [...] (E9)“ (Wellnitz et al., 2012, S. 290), indem beispielsweise Galaxien bestimmt werden.

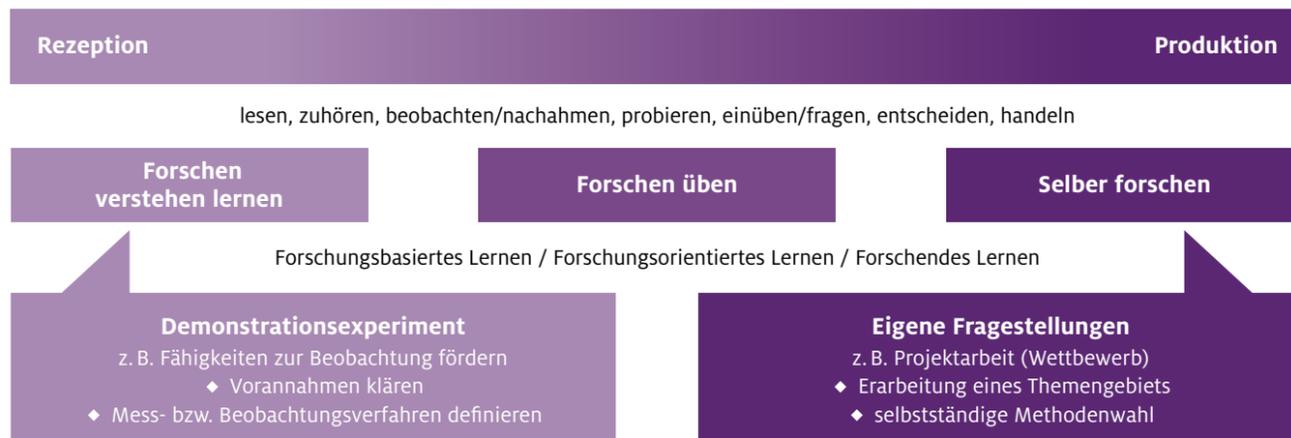
Beispiel 3 Datensammlung und Datenanalyse

Naturwissenschaftlicher Unterricht soll Schülerinnen und Schüler befähigen, in Untersuchungen gewonnene Daten auszuwerten. Untersuchungen im Unterricht basieren allerdings oft auf wenigen (Mess-)Daten zu einer Fragestellung, die sich häufig nur auf eine Variable bezieht. Dabei ist das Ergebnis schon bekannt und unerwartete Daten werden ignoriert. Naturwissenschaftliche Untersuchungen sind ungleich komplexer und ihre Ergebnisse unbekannt. Um diese Komplexität adäquater abzubilden, können wissenschaftliche Datensätze aus Bürgerwissenschaftsprojekten analysiert werden (Bruckermann & Mahler, 2021). Diese auch als Citizen-Science-Projekte bezeichneten Vorhaben bieten spannende Ansatzpunkte für den Unterricht (vgl. S. 34).

► Lernziele

Durch die Einbettung von Projekten zum (Mit-)Forschen werden Evidenzen ausgehandelt. Die Reflexion über den Unterschied zwischen Daten und Evidenz macht deutlich, dass Schlussfolgerungen auf Interpretationen und Aushandlungen vor dem Hintergrund theoretischer Annahmen beruhen (Höttecke & Rieß, 2015). Entsprechend können die Lernenden zum Beispiel

- ◆ (empirische) Daten auswerten (Biologie E6; Chemie E6; Physik E9),
- ◆ Aussagekraft und Grenzen der Daten beurteilen (Biologie E8; Physik E10) sowie
- ◆ Daten messbarer Größen zu Systemen sprachlich, mathematisch und bildlich darstellen (Biologie K3).



▲ Forschen in der Schule ist ein Kontinuum, das Lernende bis zum Selberforschen führt (Reinmann, 2015, S. 127; eigene Darstellung).

Forschungsnahes Lernen: ein Kontinuum

Forschen in der Schule kann als ein Ende des Kontinuums zum forschungsnahen Lernen gesehen werden, das von „Forschen verstehen lernen“ bis zu „selber forschen“ reicht (s. Abb. oben; Reinmann, 2015). Dabei sollte naturwissenschaftlicher Unterricht nicht in der „polarisierenden Diskussion [...] zwischen ‚offen‘ und ‚angeleitet‘“ stecken bleiben (Baur et al., 2020, S. 127), sondern die Potenziale beider Lernformen nutzen. Durch stärker angeleitete Lernformen können Schülerinnen und Schüler das Forschen besser verstehen, indem beispielhaft Methoden eingeführt und so Erkenntnisprozesse rezipiert werden. Geöffnete Lernformen fördern das „Forschen üben“, indem ausgewählte Tätigkeiten im Erkenntnisprozess selbstständig ausprobiert und dann routiniert angewendet werden. Hier sollte naturwissenschaftlicher Unterricht, der das Ziel offener Lernformen zum Selberforschen verfolgt, aber nicht stehen bleiben: Forschendes Lernen bezieht Schülerinnen und Schüler aktiv in die (Mit-)Gestaltung von Erkenntnisprozessen ein (siehe Beispiele 1–3) und generiert einen Erkenntnisgewinn, der auch potenziell für Dritte relevant ist (Reinmann, 2015). Auf Seite 23 dieser Publikation finden Sie Websites mit Beispielen für Schülerforschungsprojekte.

Beim Selberforschen ist ein gewisser Grad an Unterstützung notwendig, wie er beispielsweise durch Scaffolding-Maßnahmen realisiert werden kann. Schülerinnen und Schüler bekommen eine

Art Gerüst als Unterstützung, das ihrem Kenntnisstand entsprechend auf- und wieder abgebaut werden kann (Arnold et al., 2017). So können etwa gestufte Lernhilfen zu den verschiedenen Schritten im Erkenntnisprozess den Lernenden helfen, eigene Lösungen zu finden und diese mit Beispiellösungen abzugleichen (Bruckermann et al., 2017).

Wie lässt sich Forschung in den Schulalltag integrieren?

In der Schule zu forschen kann als Projektarbeit vom Phänomen bis zu seiner naturwissenschaftlichen Erklärung reichen; außerdem können Ausschnitte des Forschungsprozesses in Unterrichtsstunden zum (Mit-)Forschen animieren. Drei Beispiele auf Seite 9 zeigen, wie Forschung in den Unterricht integriert und welche Lernziele dabei erreicht werden können. Die weiteren Beiträge in diesem Heft geben Anregungen und Hilfestellungen, wie eine konkrete Umsetzung im Unterricht aussehen kann. ■



◀ **Prof. Dr. Till Bruckermann** forschte an der Universität zu Köln sowie dem IPN – Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik. Derzeit ist er Professor für Lehr-Lernforschung an der Leibniz Universität Hannover und beschäftigt sich mit innovativen, außerschulischen Lern- und Entwicklungsräumen.

Foto: privat

Vertrauen schafft Selbstvertrauen

Um Schülerinnen und Schüler forschen zu lassen, müssen Lehrkräfte auch mal die Kontrolle abgeben. Zwei junge Forscher zeigen uns, warum sich das lohnt. Sie verraten uns, was sie brauchen, um selbstständig arbeiten zu können und wie sie das im Leben weiterbringt.

Interview mit Jasper Nissen (16) und Simon Jacobs (15), aus dem 9. Jahrgang der Theodor-Storm-Schule in Husum



◀ **Höher, schneller, weiter.** Drohnen-Piloten müssen sich in der Regel mit maximal 30 Minuten Flugzeit zufriedengeben. Aber Wasserstoff als Energieträger könnte für mehr Leistung sorgen. Die beiden Schüler arbeiten seit gut zwei Jahren an diesem Projekt und haben damit den ersten Platz im Regionalwettbewerb von Jugend forscht gewonnen.

Was macht eure Schule zum idealen Ort, um forschen zu können?

Jasper: Dort dürfen wir zu zweit in die Physiksammlung, uns fast alles nehmen, was wir brauchen, und es verbauen. Die Lehrer kennen uns, weil wir schon lange an unserem Projekt arbeiten, und sie vertrauen uns.

Ihr nehmt an einem „Jugend forscht“-Kurs an eurer Schule teil. Was ist der Unterschied zwischen dem Kurs und dem regulären Unterricht?

Simon: Im normalen Unterricht müssen wir auf Ziele hinarbeiten, die der Lehrer vorgibt. Bei unserem eigenen Projekt müssen wir selbst Lösungswege finden. In den anderen Fächern forschen wir eigentlich nicht. In Chemie und Physik haben wir höchstens mal so Standard-Sachen gemacht. Vielleicht mal ein paar Schaltkreise gebaut mit ein paar Steckern oder was sonst noch auf dem Lehrplan steht.

Jasper: Im „Jugend forscht“-Kurs können wir selbstständig arbeiten und haben auch mehr Freiheiten als im Unterricht. Wir durften theoretisch auch schon immer von zu Hause arbeiten. Außerdem bekommen wir andere Aufgaben. In anderen Kursen schreiben die Schüler Arbeiten und wir mussten Präsentationen machen. Das hat aber auch Spaß gemacht, sich noch besser mit dem Projekt vertraut zu machen und es anderen Leuten vorzustellen.

Und was ist sonst noch toll an dem Kurs?

Jasper: Als wir in den „Jugend forscht“-Kurs kamen, wussten wir nicht richtig, was uns dort erwartet. Aber letztendlich hat uns das Entwickeln einfach Spaß gemacht. Als wir zum Beispiel an einer Brennstoffzelle experimentieren durften, war es einfach toll, so ein faszinierendes Stück Technik vor sich zu haben. Das war super, damit etwas Neues entwickeln zu können.

Simon: Ich glaube, viele Lehrer haben nicht die Motivation, Schülern beizubringen, selbst Lösungswege zu finden. Sie legen einen Zettel hin und sagen: „Diese Aufgaben bearbeitet ihr jetzt.“ Ich finde, so bringt man den Schülern das Fach nicht wirklich gut bei. Das ist dann nur auswendig lernen, Test schreiben und danach vergessen. Im „Jugend forscht“-Kurs verinnerlichen wir die Sachen viel besser.

Jasper: Unser Projekt ist recht themenübergreifend. Die Energieversorgung durch Elektrolyse ist ja eher Chemie, der Über- und Unterdruck in den Tanks ist Physik und in der Drohne steckt Elektrotechnik. Wenn man sich mit all diesen Sachen intensiv beschäftigt, lernt man jede Menge dazu.

Mal abgesehen von dem Fachlichen, gibt es sonst noch Sachen, die ihr durch das Forschen für euer Leben gelernt habt?

Jasper: Das selbstständige Entwickeln, die eigenverantwortliche Entscheidungsfindung und dass man sich selbst organisiert, sind schon Fähigkeiten, die man für ein späteres Studium oder auch in der Oberstufe sehr gut gebrauchen kann, glaube ich.

Simon: Und falls wir später nach der Schule etwas in die gleiche Richtung machen wollen, haben wir uns dafür schon sehr viel Wissen angeeignet. Die Technik beim Löten haben wir zum Beispiel auch immer besser drauf.

Jasper: Die schriftliche Arbeit ist auch noch ein wichtiger Punkt. Die hatte etwa 15 Seiten und könnte eventuell die kleine Variante einer Doktor- oder Masterarbeit sein, die man später schreiben muss.

Was sind die Voraussetzungen, um frei an der Schule forschen zu können?

Jasper: Die Lehrer müssen uns vertrauen. Ich schätze, das geht besser, wenn man in einer kleinen Gruppe arbeitet. Diese Möglichkeit, frei in der Physiksammlung herumzulaufen und da alles zu nehmen, kann der Fachlehrer einer ganzen Klasse nicht bieten. Wahrscheinlich haben wir deswegen in anderen Fächern nicht so umfangreiche Erfahrungen mit Forschung gemacht. Es ist einfach schwierig für einen Fachlehrer, allen Schülern so eine Freiheit zu geben, weil das meistens schlecht organisierbar ist.

Simon: Man muss natürlich auch Zeit für das Projekt haben. Einige nutzen wirklich nur die Zeit, die sie in der Schule haben, und machen, wenn es ganz knapp wird, noch mal etwas zu Hause. Es ist klar, wenn man noch viel zu Hause arbeitet, ▶

Forschung als Wahlpflichtkurs

Die Theodor-Storm-Schule bietet unterschiedliche Wahlpflichtkurse an, die im Zeugnis benotet werden. Der Wahlpflichtkurs „Jugend forscht“ hat vier Wochenstunden. Vierzehn Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe werden von einem Mentor unterstützt. Sie entwickeln Projekte in kleinen Teams, präsentieren ihre Fortschritte und geben sich Feedback.

In dem Wahlpflichtkurs „MINT“ wechselt der Unterricht halbjährlich: ein halbes Jahr Chemie, Physik, Biologie und Robotik. Die Schülerinnen und Schüler arbeiten z. B. mit Lego-Mindstorms und können ihren Interessen nachgehen und lernen, eigene Lösungswege zu finden.

„Das selbstständige Entwickeln, die eigenverantwortliche Entscheidungsfindung und dass man sich selbst organisiert, sind schon Fähigkeiten, die man für ein späteres Studium oder auch in der Oberstufe sehr gut gebrauchen kann, glaube ich.“

◆
Jasper Nissen

wird das Projekt besser. Die vier Stunden hätten nicht gereicht, um den aktuellen Stand unseres Projektes zu erreichen.

Jasper: Außerdem muss Forschen an der Schule freiwillig sein. Ich denke nicht, dass es als Pflichtveranstaltung funktioniert.

Bekommt ihr fachliche Unterstützung von eurem Lehrer beziehungsweise Mentor?

Jasper: Im Allgemeinen entwickeln wir das Projekt schon selbst. Aber unser Lehrer hilft uns, wenn wir mal nicht weiterwissen. Wir erklären ihm das Problem und liefern die Hintergrundinformationen dazu. Dann sagt er uns, wie er es lösen würde und hat Ideen, auf die wir noch nicht gekommen sind. Aber eigentlich überlässt er uns immer die Entscheidung, oder?

Simon: Ja. Wir diskutieren dann noch mal unter uns, ob das auch der Weg für uns ist. Manchmal gibt er uns auch einfach einen Anreiz, zum Beispiel: „Guckt mal auf die und die Seite, die hat mir damals im Studium geholfen.“ Wir fragen ihn aber meistens nur, wenn es um größere Entscheidungen geht. Oft teilen wir dem Mentor nur mit, wofür wir uns entschieden haben und bringen ihn auf den neusten Stand.

Wie ist es, im Team zu forschen? Wie teilt ihr euch die Aufgaben auf?

Jasper: Wenn man das Projekt entwickelt, ist es eher eine spontane Aufteilung – „mach mal das und das“ oder „ich mach das, dann kommen wir schneller voran“ oder so. Aber vor allem, wenn wir das Projekt in einer schriftlichen Arbeit oder in einer Präsentation vorstellen, dann teilen wir die Arbeit strikt auf.

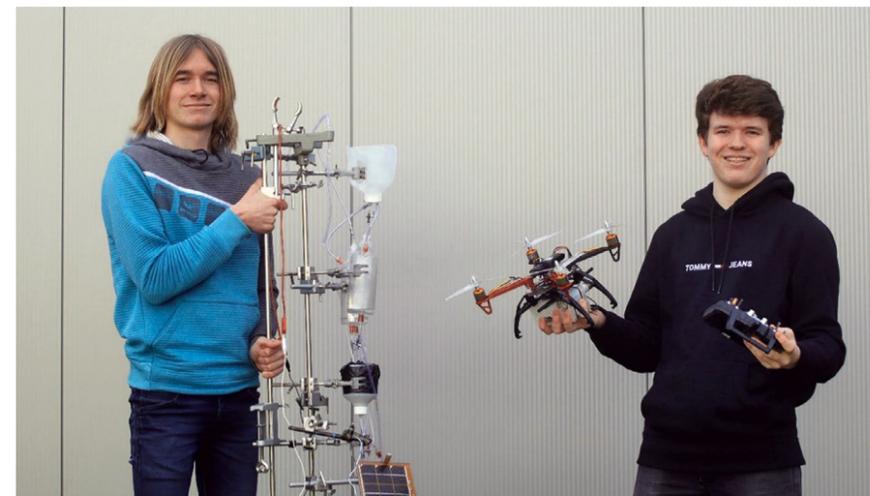
Simon: Wir haben auch das Vertrauen ineinander, dass der andere seinen Teil gut machen wird.

Jasper: Wir sind beide ehrgeizig und wollen immer das Beste aus der aktuellen Situation, aus dem aktuellen Stand, raus holen. Das verbindet. *(Simon nickt zustimmend)*

Habt ihr euch schon immer für Technik interessiert?

Jasper: Schon bevor wir in der Schule geforscht haben, haben wir gemeinsam rumgetüftelt und zum Beispiel an alten Platinen gelötet. Ich glaube, das hat letztendlich aus Langeweile angefangen. Mein Nachbar hat einen Elektroladen, in dem er Sachen repariert. Er hatte so eine Mülltonne mit Elektroschrott. Davon haben wir uns mal was geholt, auseinandergeschraubt und fanden es total spannend, was alles in einem Elektrogerät steckt.

Simon: Wir haben einfach aus Spaß rumgebastelt mit der Idee, irgendwann so was mal richtig machen zu können. Mit dem Kurs an der Schule wurden uns auf einmal die Möglichkeiten geboten, das auch zu tun. ■



◆ Jasper Nissen (16, l.) und Simon Jacobs (15) sind Schüler des neunten Jahrgangs an der Theodor-Storm-Schule in Husum. Ein Kurs im Schülerforschungszentrum (SFZ) Nordfriesland brachte sie auf die Idee, für ihr Projekt „Wasserstoffdrohne-fliegen ohne Ende“ eine Brennstoffzelle als Energieträger zu nutzen. Das Projekt wird vom SFZ Nordfriesland und der Theodor-Storm-Schule finanziell unterstützt. In ihrer Freizeit tüfteln Jasper und Simon an Technik, fotografieren, machen Filmaufnahmen mit Drohnen oder treiben Sport und treffen Freunde.

Foto: privat

Was würdest du gerne einmal erforschen?

Die Interessen von Schülerinnen und Schülern sind gute Anknüpfungspunkte für Forschungsprojekte. Aber wofür interessiert sich die Jugend von heute eigentlich?

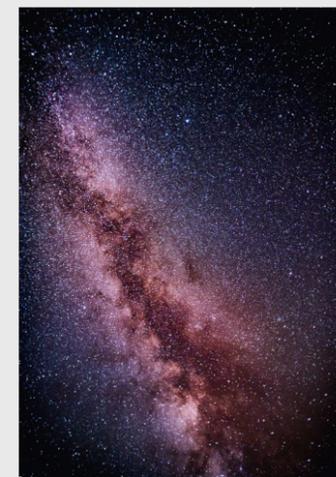
Mich interessieren Explosionen, die würde ich gerne untersuchen.
Konstantin, 6. Klasse



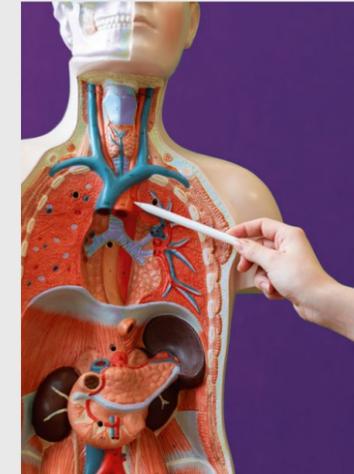
Ich würde gerne einmal erforschen, warum intelligentes Leben existiert.
Annika, 7. Klasse



Ich würde gerne das Weltall mit all den Galaxien, Sonnensystemen und Planeten erforschen.
Hannah, 8. Klasse



Ich würde gerne das Weltall erforschen.
Sarah, 5. Klasse



Mich interessiert alles, was mit dem Körper zu tun hat.
Beri, 9. Klasse



Ich finde die Insekten in unserem Insektenhotel total spannend.
Johannes, 7. Klasse



Momentan macht es mir Spaß, neue Programmiersprachen zu entdecken. Aber etwas Neues zu programmieren ist eigentlich kein Forschen, oder?
Simon, 9. Klasse

Fotos: Explosion: Adobe Stock/michal286, Körpermodell: iStock/AndreasObererova, Schädelmodell: unplash/jesse Orrico, Bienenhotel: Adobe Stock/Sabine Se, Milchstraße: Stocksy/Javier Pardina, Code: Adobe Stock/ghazi

Kleine Fragen – große Erkenntnisse

Lernende beim Forschen inspirieren, unterstützen und begleiten



Durch eigene Forschungsprojekte lernen Schülerinnen und Schüler, wie wissenschaftliche Erkenntnisse entstehen – und das ist essenziell, um an unserer Wissensgesellschaft teilhaben zu können. Aber was inspiriert zu eigenen Forschungsprojekten? Durch welche Unterstützung können Ideen sprießen und wachsen? Und was für ein Umfeld brauchen wir, um das Forschen an unseren Schulen nachhaltig zu etablieren?

Jürgen Paul, Universität Bamberg

◀ **Interessiert und motiviert.** Wenn den Forschungsfragen eigene Interessen vorausgehen, bleiben Kinder und Jugendliche leichter am Ball. Im Sport gibt es viele Zahlen und Statistiken, die mathematisch untersucht werden können, um zum Beispiel Wurfwahrscheinlichkeiten zu ermitteln. Basketball-Fans könnten ebenso gut physikalische Fragestellungen beantworten und mit einer Abwurfmaschine die optimale Flugbahn des Balls bestimmen.

Wenn Schülerinnen und Schüler in die Rolle eines Forschenden schlüpfen und die naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung aktiv nachvollziehen, spricht man vom „forschenden Lernen“. Dabei lernen sie zweifellos nicht nur für die Schule oder für das Fach, sondern auch für das Leben. Wissen ist im digitalen Zeitalter leicht zugänglich und entwickelt sich schnell weiter. Daher sollten Lernende sowohl vorhandene Informationen kritisch reflektieren können als auch das naturwissenschaftliche Vorgehen als Möglichkeit der Welterschließung verstehen. Auf diese Weise können sie als mündige Bürger an der Wissensgesellschaft teilhaben und diese mitgestalten. Forschendes Lernen steht immer wieder im Fokus von Bildungsdebatten und wissenschaftlichen Untersuchungen. Obwohl es als eine sehr bereichernde Lernform gilt, ist dafür im normalen Schulunterricht oft wenig Raum und Zeit. Wie werden also Lernende zu Forschenden?

Zum Forschen inspirieren

Ein erster Schritt ist, Schülerinnen und Schüler mit dem Forschen vertraut zu machen. Konkrete Personen als Vorbilder, authentische Geschichten, bisherige Forschungsprojekte und duplizierbare Beispiele motivieren zum Nachahmen. Gute Experimentieraufgaben locken durch ihren positiven Aufforderungscharakter und fördern die Neugier (vgl. S. 24).

Idealerweise sollten die Schülerinnen und Schüler aber ihr eigenes Projekt finden, mit dem

sie sich identifizieren. Denn eine eigene Projektidee befördert die Lernenden vom Konsumenten zum Produzenten und weckt den echten Forschergeist. Und sie macht auch die Arbeit einfacher: Mit einer eigenen Vision lassen sich eventuelle Rückschläge und Probleme leichter bewältigen. Außerdem fühlen sich Forschungs- und Tüftelerfolge noch viel großartiger an. Dies gilt sowohl für naturwissenschaftliche Fragestellungen als auch für ingenieurtechnische Zielsetzungen. Deswegen sollten Schülerinnen und Schülern nur in Ausnahmefällen bestimmte Projekte zugewiesen werden.

Eigene Projektideen und Fragestellungen generieren

Nicht immer ist die Idee der Anfang aller Kreativität, aber meistens. Um eine Projektidee zu generieren, lohnt es sich, Zeit und Mühe zu investieren. Der Alltag der Schülerinnen und Schüler ist dabei die beste Quelle für Inspiration, um das passende Thema zu finden. Typische Leitfragen helfen dabei, Interessen festzulegen (siehe „10 Fragen zum Alltag“, S. 16). Eine weitere Quelle für Inspiration sind Projektdatenbanken, wie sie beispielsweise von dem Wettbewerb Jugend forscht bereitgestellt werden. Mitunter haben die Lernenden schon selbst von abgeschlossenen oder an der eigenen Schule laufenden Projekten gehört und möchten gerne mitmachen oder eine Variante ausprobieren.

Ist eine Projektidee gefunden, geht es typischerweise an die Formulierung der Fragestellung. ▶

10 Fragen zum Alltag, die den Weg zum Forschungsthema ebnen können

01. Welche Hobbys oder besonderen Interessen hast du?
02. Wohnst du in der Nähe eines besonderen Ortes, z. B. Naturdenkmal, Sehenswürdigkeit?
03. Hat dein Zuhause besondere Haustechnik oder andere interessante Technik?
04. Wie und wo nimmst du jeden Tag die Natur wahr (z. B. Wetter, Gerüche, Bäume, Vögel, Eichhörnchen)?
05. Hast du oder haben deine Nachbarn Haustiere?
06. Welche Ernährungs- oder Schlafgewohnheiten hast du?
07. Hast du Zugang zu speziellen Arbeitsplätzen (z. B. Bauernhof, Kläranlage, Kraftwerk, Brauerei, Bäckerei)?
08. Was passiert immer wiederkehrend in deinem Umfeld oder gibt es Probleme oder lästige Tätigkeiten, mit denen du, deine Freunde, Bekannten, Nachbarn oder Familienmitglieder sich häufig abgeben müssen (z. B. Schlaglöcher, Fruchtfliegen)?
09. Welche Transportmittel verwendest du auf deinem Weg zur Schule?
10. Wozu nutzt du soziale Medien oder andere Kommunikationskanäle?

„Der Alltag der Schülerinnen und Schüler ist die beste Quelle für Inspiration, um das passende Thema zu finden.“

◆
Jürgen Paul

Fragen zu stellen ist der Schlüssel zu neuen Erkenntnissen und zugleich eine der anspruchsvollsten Teilaufgaben in der Forschung, weil die Realisierbarkeit des Projekts berücksichtigt werden muss. Oftmals nehmen sich die Lernenden zu viel vor. Dann unterstützt die Lehrkraft am besten, indem sie die gesetzten Ziele reduziert und fokussiert. Aber die Frage muss nicht unbedingt der Anfang sein. Es ist ein Mythos, dass die idealisierte Schrittfolge (Fragestellung, Hypothese, Planung, Durchführung, Auswertung, Diskussion der Ergebnisse, Kommunikation der Erkenntnisse; in Anlehnung an Pedaste et al., 2015, vgl. S. 3) in der realen Forschungspraxis stets eingehalten wird (Höttecke & Rieß, 2015). Manchmal steht einfach eine bestimmte Messmethode im Fokus, mit der die Schülerinnen und Schüler arbeiten möchten. Die zu den Ergebnissen passende Frage kommt dann eventuell ganz zum Schluss. Die gewonnenen Ergebnisse müssen lediglich anhand einer systematischen Schrittfolge überprüfbar sein. Auch zufällige Entdeckungen können dem wissenschaftlichen Anspruch genügen, wenn sie nach einem bestimmten Muster reproduzierbar sind.

Beim Forschen unterstützen

Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen werden in der Regel über lange Zeiträume hinweg und meist schrittweise erlernt (Paul et al., 2016). Zielführend ist daher im Unterricht, immer wieder einzelne Abschnitte eines Forschungszyklus (vgl. S. 3) zu thematisieren und zu üben. Dies ist die Basis für eigene Projekte der Schülerinnen und Schüler, die integriert im normalen Fachunterricht, unterrichtsbegleitend oder in Form von speziellen Zusatzkursen (vgl. S. 6) angestoßen und durchgeführt werden können. ▶

▼ **Bunte Mischung.** Vom Tuschkasten über Make-up bis hin zu Lebensmitteln begegnen wir tagtäglich Farbstoffen. Aber welche Farbstoffe erscheinen uns besonders brillant? Welche Zusatzstoffe machen Farben leichter verwendbar oder länger haltbar? Solche Fragen lassen sich zum Beispiel mithilfe von Methoden aus Biologie und Chemie beantworten.



Fotos: Linoldruck: Stocksy/Clique Images, Klimademo: shutterstock/Halipoint, Bus: iStock/izusek



◀ **Genau hinhören.** Wie nehmen wir Töne wahr, welche Frequenzen klingen besonders harmonisch? Mit solchen Fragen landen musikbegeisterte Jugendliche schnell bei Phänomenen, die mit physikalischen Methoden untersucht werden können.



▲ **Klimaschutz hat Konjunktur.** Wenn sich die Schülerinnen und Schüler auf ihren eigenen Alltag fokussieren, lassen sich auch aus den ganz großen Themen konkrete Fragen ableiten. So kann zum Beispiel der eigene Energieverbrauch durch elektrisches Licht oder Handnutzung beobachtet werden und der Ausgangspunkt für eigene Forschungsprojekte sein.



◀ **Teamwork.** Kleingruppen von zwei bis drei Personen sind für Schülerforschungsprojekte ideal.

Sobald Schülerinnen und Schüler den Weg des Forschens eingeschlagen haben, gilt es sie im Flow zu halten, indem die drei psychologischen Grundbedürfnisse erfüllt werden („basic needs“; Deci & Ryan, 1993): soziale Eingebundenheit, Autonomie, Kompetenzerleben. Und dafür bietet forschendes Lernen gute Voraussetzungen. Die Schülerinnen und Schüler können ihre Fähigkeiten und Fertigkeiten einbringen und sich durch Erfolgserlebnisse während des Forschungsprozesses als kompetent erleben. Sie arbeiten autonom. Sie steuern ihr Projekt eigenständig, fällen Entscheidungen und organisieren die zeitliche Abfolge. Anerkennung für die Forschungsarbeit von einer gleichgesinnten

Community, durch Peergroup, Eltern und Lehrkraft fördert die soziale Eingebundenheit. Auf diese Weise wird eine positive Bilanz der Erlebnisqualitäten erzeugt und es kann ein nachhaltiges Interesse entstehen.

Indem betreuende Lehrkräfte zum bewussten Reflektieren über die einzelnen Schritte der Erkenntnisgewinnung anregen, helfen sie beim strukturierten Vorgehen und fördern ein grundlegendes Verständnis für naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen. Die Eckpfeiler einer erfolgreichen Unterstützung durch Lehrkräfte sind unter „Dos & Don'ts beim Arbeiten mit jungen Forschenden“ zusammengefasst.

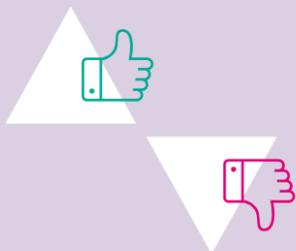
Dos & Don'ts beim Arbeiten mit jungen Forschenden

Dos:

- ◆ Projektidee aus dem Alltag ableiten
- ◆ Flow aufrechterhalten und „basic needs“ beachten
- ◆ Für Austausch Gleichgesinnter sorgen
- ◆ Wertschätzung der Schülerarbeit
- ◆ Individuelle Hilfestellungen nach Bedarf
- ◆ Fokussierung auf das Machbare
- ◆ Ermunterung zur Kreativität

Don'ts:

- ◆ Projekt mit nur bekannten Experimenten vorgeben
- ◆ Den Schülerinnen und Schülern zu viel Arbeit abnehmen
- ◆ Ohne Unterstützung der „Schulfamilie“ starten



Ein geeignetes Umfeld schaffen

Der Alltag der Schülerinnen und Schüler liefert nicht nur ausgezeichnete Ideen für deren Projekte, sondern eröffnet zudem häufig die Möglichkeit, dass sie ihre Forschungsarbeit auch außerhalb der Schule und der Unterrichts- oder Betreuungszeiten selbstständig durchführen können. Dies entlastet die Lehrkraft und erhöht die Zeit, die von den Lernenden in das Forschungsprojekt investiert werden kann. Dann bietet es sich zum Beispiel auch an, die Forschungsprojekte in Form eines gelegentlichen, lediglich einstündigen Gesprächskreises zu thematisieren. So entsteht wertvoller Raum für Austausch und die restliche Zeit steht dennoch für Lehrstoff nach Plan oder anderes zur Verfügung. Wichtig in solchen Fällen ist, dass die Lehrkraft vor dem Beginn der praktischen Tätigkeit den Arbeitsplan der Schülerinnen und Schüler hinsichtlich eventueller Sicherheitsaspekte prüft. Einige Experimente werden nur unter Aufsicht durchzuführen sein.

Um die Forschungsarbeiten von Schülerinnen und Schülern optimal begleiten zu können, bedarf es außerdem eines geeigneten Umfelds (siehe „8 Tipps, um ein produktives Umfeld für Schülerforschungsprojekte zu schaffen“). Für dessen Aufbau wird oftmals ein langer Atem benötigt. Bestenfalls ist die gesamte Schulfamilie daran beteiligt oder zumindest eingeweiht: Die Schulleitung, die Lehrkräfte und das restliche Schulpersonal, die Eltern, Fördervereine sowie schulnahe Firmen – alle können die Lernenden auf ihre Weise bei deren Vorhaben unterstützen. Damit Schülerinnen und Schüler mit Freude und Neugier in ihren eigenen Forschungsprojekten aufgehen und daran lernen, bedarf es aber keiner Geniestreiche. Gerade aus den simplen und kleinen Ideen des Alltags erwachsen spannende Forschungsarbeiten und daraus mitunter die Visionen der Zukunft. Jeder Beitrag, auch der der Schülerinnen und Schüler, ist ein weiterer Mosaikstein im großen Puzzle des Wissens über die Natur. ■



◀ **PD Dr. habil. Jürgen Paul** war über zehn Jahre lang Lehrer für Biologie und Chemie und in dieser Zeit auch Betreuungslehrer für viele Schülerforschungsprojekte. Aktuell lehrt und forscht er in der Didaktik der Naturwissenschaften an der Universität Bamberg über forschendes Lernen. Daneben ist er u. a. Jury bei dem Wettbewerb Jugend forscht.

8 Tipps, um ein produktives Umfeld für Schülerforschungsprojekte zu schaffen*

- 01. Integration in den Unterricht,** d. h. forschendes Lernen als wiederkehrende Lernform im Unterricht sowie schülereigene Projekte im Unterricht vorstellen.
- 02. Authentisches Forschen,** d. h. eigene Themen mit bisher ungeklärten, aber umsetzbaren Fragestellungen für Schülerinnen und Schüler.
- 03. Teamarbeit,** d. h. kleine Gruppen von 2–3 Lernenden arbeiten an einem Projekt.
- 04. Austausch ermöglichen,** z. B. in Form einer schulinternen Poster-Messe oder ähnlicher Plattformen mit schulweiter Anerkennung.
- 05. Nachhaltiges Lernen** mit einer kontinuierlichen, planvollen und aufbauenden Betreuung der forschenden Schülerinnen und Schüler.
- 06. Fortbildungsangebote für Lehrkräfte,** denn das Betreuen von Forschenden ist einem nicht in die Wiege gelegt.
- 07. Freie Themenwahl** für Lernende, um den größtmöglichen intrinsischen Forschergeist zu wecken.
- 08. Zusätzliche Zeit** für Lehrkräfte und Lernende, z. B. in Form von Pluskursen, welche die Lehrkraft angerechnet bekommt.

*In Anlehnung an Paul & Groß (2017).

Wie der Funke überspringt

Begeisterte Lehrkräfte wecken den Forschergeist von Schülerinnen und Schülern. Beri ist heute passionierte Forscherin und will Biochemikerin werden. Dabei ist sie eigentlich per Zufall in einer Forscherklasse gelandet. Sie verrät uns, was ihr Interesse an den Naturwissenschaften geweckt hat, wie erste Schritte im Forschungsprozess aussehen und was sie nur beim Forschen lernen konnte.

Interview mit Beri Tülay Binboga (16),
Schülerin im 9. Jahrgang des Matthias-Claudius-Gymnasiums, Hamburg

• **Bleibender Eindruck.** Beri denkt gerne an ihr erstes Experiment zurück. Sie wusste nicht, wie man mit anderen gemeinsam forscht, bis sie in einer ExMINT-Stunde untersucht hat, warum Brenneseln überhaupt brennen. „Es war toll, das selbst herauszufinden, und ist eines meiner Lieblingsexperimente“, sagt sie noch heute.

Wie kam es dazu, dass du heute sogar in deiner Freizeit forschst?

Beri: Das war eigentlich Zufall. Für den Wahlpflichtunterricht in der siebten Klasse habe ich eigentlich Französisch und Altgriechisch gewählt. Ich wollte gar nichts in Richtung Naturwissenschaften machen, weil es mich damals nicht interessiert hat. Die Sprachkurse hatten dann aber zu wenige gewählt und ich musste mich umentscheiden. Da war ich natürlich erst mal ziemlich enttäuscht und auch wütend, weil ich die anderen Kurse für Zeitverschwendung hielt. Aber so bin ich in der ExMINT-Klasse gelandet.

Und was hat dich dann davon überzeugt, dass Naturwissenschaften doch keine Zeitverschwendung sind?

Was hat dein Interesse geweckt?

In ExMINT gab es total tolle Lehrer. Sie haben uns in der ersten Stunde die Projekte der letzten Jahre vorgestellt und ich fand voll spannend, was man alles so erforschen kann. Mir hat geholfen, dass die Lehrer selbst sehr motiviert waren. Sie sind begeistert von der Forschung und können Phänomene gut erklären. Es hilft auch, wenn die Beispiele einen Bezug zum Alltag haben oder einfach faszinierend sind. Es ist wirklich schön zu sehen, was alles möglich ist. In unserer Schule gab es zum Beispiel auch mal eine Ausstellung, für die alle ihre Jugendforscht-Projekte in einem Schuhkarton visualisiert haben. Das fand ich klasse. Man konnte sehen, wie viele unterschiedliche Möglichkeiten es gibt, Dinge zu erforschen.

Du hast auch schon bei Wettbewerben wie NATEX oder Jugend forscht mitgemacht. Was passiert da eigentlich?

Bei NATEX bekommen wir schon einen groben Rahmen, was wir überhaupt machen sollen. Die Aufgaben sind vorgegeben und man muss experimentieren, Ergebnisse herausfinden, sie analysieren und Zusammenhänge knüpfen. Bei Jugend forscht ist es eher so, dass du erst mal selbstständig herausfinden musst: Was möchte ich überhaupt machen? Mit wem will ich zusammenarbeiten? Was passt am besten zu mir? Wir gestalten die Experimente selbst und müssen selbst überlegen, was sinnvoll ist, welche Materialien nötig sind und wie oft ein Experiment wiederholt werden muss, um eine akkurate und sozusagen richtige Auswertung machen zu können.

Bei NATEX ist also der Anfang leichter, du kannst deine Experimente schneller starten. Und wie läuft das bei Jugend forscht? Wie fangt ihr an, wie kommt ihr überhaupt ins Forschen?

Als Allererstes muss man einen Partner finden. Dann legen wir unsere Interessen fest und machen dafür zum Beispiel eine Mindmap, mit der wir notieren, was wir überhaupt wissen wollen. Dann überlegen wir, in welchen Fachgebieten wir unsere Fragen untersuchen möchten.

Welche Rolle spielen die Lehrkräfte bei dem Prozess?

Wenn wir das Thema haben, müssen wir herausfinden, wie wir das untersuchen und präsentieren können. Da fragen wir meistens die Lehrer. Wir überlegen gemeinsam, wie das passende Experiment aussehen könnte. Und dann planen wir die nötigen Schritte und machen einen Wochenplan. Das ist schon sehr eigenständig. Wir entscheiden selbst, was wir wann machen wollen.

Und wenn der Forschungsprozess erst mal läuft:

Was ist die größte Herausforderung für dich?

Meine größte Herausforderung war es, mit anderen zu arbeiten. Meistens macht man eine Partnerarbeit. Bisher ist es mir schwergefallen, Menschen zu finden, die ebenso motiviert sind wie ich. Ich nehme die Dinge auch gerne selbst in die Hand und möchte Sachen selbst festlegen. Da gab es schon mal Komplikationen. Das gehört aber eben dazu. Ich habe herausgefunden, dass ich am besten arbeiten oder forschen kann, wenn ich allein bin. Ich muss aber auch sagen, dass es dann auch nicht ganz so leicht ist, man schafft einfach weniger. Deshalb muss ich immer ein bisschen gucken, mit wem ich arbeite. Damit hatte ich zu kämpfen, aber ich habe in dem Bereich auch schon viel gelernt. ▶

ExMINT als Unterrichtskonzept

ExMINT (Experimentieren in den MINT-Fächern) ist ein Mittelstufenprofil am Matthias-Claudius-Gymnasium in Hamburg. MINT-Lehrkräfte unterrichten in der Rolle von Lernbegleitern einen ExMINT-Kurs mit 24–30 Jugendlichen in drei Wochenstunden. Die ExMINTler können in den Klassen 8–10 selbstbestimmt und flexibel an verschiedenen Naturwissenschaftswettbewerben teilnehmen. Traditionell erfreuen sich der Einstiegswettbewerb NATEX sowie die Wettbewerbe Schüler experimentieren / Jugend forscht und der technische Teamwettbewerb „Formel 1 in der Schule“ großer Beliebtheit. Zudem gibt es an der Schule pro Jahr eine Ausstellung, die das große Spektrum der Themen aus allen Fachgebieten für die gesamte Schulgemeinschaft sichtbar macht.

„Man muss einfach dranbleiben, hartnäckig sein und irgendwie auch akzeptieren, dass es nicht immer so läuft, wie man es will.“

◆ **Beri Tülay Binboga**

Wie konnten dir die Lehrkräfte bei dem Problem helfen?

Die Lehrer haben uns dann beim Aufteilen geholfen. Unsere Lehrer sind alle super und unterstützen uns auch bei anderen Problemen. Generell ist es in ExMINT so, dass man nicht wirklich die ganze Zeit einen Lehrer hat, der neben einem sitzt. Wir sprechen am Anfang der Stunde darüber, was wir vorhaben, und dann gehen die Lehrer herum und man kann sie fragen, wenn man Hilfe braucht oder eine Frage hat. Es ist nicht so, dass sie sich direkt einmischen oder alles hinterfragen, was du machst.

Wenn man forscht, hat man ja selten gleich ein Erfolgserlebnis. Was machst du, wenn mal etwas nicht funktioniert?

Ich habe über die Jahre gelernt, dass es okay ist, wenn mal etwas nicht funktioniert. Es gehört nun mal zur Forschung dazu, dass es langsam vorangeht oder dass ein Experiment manchmal doch nicht so sinnvoll ist. Das müssen die Lehrer den Schülern auch vermitteln: Es ist in Ordnung, Fehler zu machen, langsam an die Sache heranzugehen und sich einfach auszuprobieren. In ExMINT schreiben wir dann immer eine Fehleranalyse und gucken, was wir falsch gemacht haben und warum das falsch ist. Wenn die Komponenten nicht reagieren, stimmt die Zusammensetzung vielleicht nicht. Dann muss ich es eben noch mal mit anderen Mengen probieren. Man muss einfach dranbleiben, hartnäckig sein und irgendwie auch akzeptieren, dass es nicht immer so läuft, wie man es will. Ich will dann aber trotzdem wissen, woran es liegt. Es ist die Neugier, die mich vorantreibt.

Hast du in anderen Fächern in der Schule schon mal geforscht?

Geforscht nicht wirklich, aber Experimente gemacht. Ich finde, es gibt immer einen Unterschied zwischen Forschen und Experimentieren. Das Forschen nimmt man eher selbst in die Hand. Man bereitet die Experimente selbst vor und führt

sie auch durch. Beim Experimentieren sieht man das Ergebnis, dass der Lehrer einem beibringen möchte. Wie die Stoffe reagieren, habe ich dann zwar gelernt, aber ich kenne den Hintergrund gar nicht. Ob mir die Experimente gefallen, hängt auch immer von der Aufgabe ab. Einmal mussten wir im Biologieunterricht Mehlwürmer züchten. Darauf hatte ich gar keine Lust, weil ich Insekten nicht so gerne mag. Meine Mutter wollte die Viecher auch nicht zu Hause haben. Da haben meine Partnerin und ich keine guten Noten bekommen.

Hast du denn beim Forschen etwas fürs Leben gelernt, das du im regulären naturwissenschaftlichen Unterricht nicht gelernt hättest?

Ich glaube, ich habe gelernt, wie anstrengend es ist zu forschen. Das bekommt man im normalen Unterricht nicht mit. Man braucht wirklich sehr viel Geduld. Es ist nicht so leicht, herauszufinden, wieso etwas passiert. Ich muss zum Beispiel ein Experiment fünf Mal durchführen, um etwas zu beweisen. Und wenn ich dann lese, dass ein Forscher ein Experiment 10.000- oder 100.000-mal machen musste, dann fühle ich mit und würdige die Leistung. Wir sollten dankbar dafür sein, dass Menschen freiwillig so viel arbeiten, um die Menschheit voranzubringen. Vieles würden wir ohne sie nicht wissen.

Hast du noch Tipps für Schülerinnen und Schüler, die sich vielleicht auch für Forschung interessieren, aber denken, dass man zu viel Vorwissen dafür braucht?

Ich finde, man muss es einfach einmal ausprobieren und dem Ganzen eine Chance geben. Schnuppert einfach mal in eine Stunde rein und guckt euch alte Projekte an. Man kann so vieles erforschen. Viele interessieren sich zum Beispiel für Make-up. Da ist es doch spannend zu sehen, was da überhaupt drin ist und wie das wirkt. Forschung ist auch nicht nur für Nerds, die schon programmieren können, oder nur was für Jungs und nichts für Mädchen. Da denkt man zu viel in Schubladen. Man sollte die Schubladen schließen und selbst gucken, was es so gibt. Man muss in die weite Welt hinausschauen und sich Inspiration suchen. ■

► **Beri Tülay Binboga** (16) verbringt in ihrer Freizeit gerne Zeit mit ihren Freunden und ihrer Familie. „Meine Freunde haben das akzeptiert, dass Science mein Interesse ist und nicht Make-up oder Ähnliches. Der Vorteil ist, dass sie mich dann in Chemie oder so fragen können, ob ich ihnen etwas erklären kann“, sagt sie. Außerdem liest sie gerne und möchte nach der Schule „Molecular Life Science“ studieren.

Beris Buch-Tipp



„Eine kurze Geschichte der Menschheit“ von Yuval Noah Harari.
Warum sind die Menschen heute so, wie sie sind? Wissenschaftliche Erkenntnisse für Nicht-Wissenschaftler aufzuschreiben ist gar nicht so einfach. Aber in diesem Buch gut gelungen, so Beri.

Mit gutem Beispiel voran

Aktuelle und abgeschlossene Forschungsvorhaben sind ein guter Ausgangspunkt für eigene Ideen. Diese Projekte inspirieren bei der Themenfindung.

Bürger schaffen Wissen

In Citizen-Science-Projekten werden unter Beteiligung der Bevölkerung wissenschaftliche Erkenntnisse generiert. Die Plattform „Bürger schaffen Wissen“ bietet einen großen Projektkatalog, der nach Themenschwerpunkten, Bundesländern sowie nach Projekten für Kinder gefiltert werden kann.

www.buergerschaffewissen.de/index.php/projekte



Projektdatenbank des Wettbewerbs Jugend forscht

Die Projektdatenbank enthält die Arbeiten aller Bundeswettbewerbsteilnehmenden ab 1966 mit einer Kurzfassung des Projekts. An dem Wettbewerb können Jugendliche ab der 4. Klasse bis zum Alter von 21 Jahren mit einem eigenen Forschungsprojekt teilnehmen.

www.jugend-forscht.de/projektdatenbank.html



Internationale JuniorScienceOlympiade (IJSO)

Die IJSO ist ein Wettbewerb mit Experimenten aus den Fächern Biologie, Chemie und Physik für Jugendliche unter 15 Jahren. Im Aufgabenarchiv stehen Aufgaben aus den Vorjahren oder Beispielaufgaben zu den verschiedenen Wettbewerbsrunden zum Download bereit.

www.ijso.info



BundesUmweltWettbewerb (BUW)

Der BUW ist ein bundesweiter Schülerwettbewerb für Jugendliche zwischen 10 und 20 Jahren, die mit ihren Projekten Ursachen von Umweltproblemen auf den Grund gehen und diesen mit kreativen Lösungen entgegenreten. In den Pressemappen finden sich die prämierten Projekte der vergangenen Jahre und können Anregungen für mögliche eigene Projekte liefern.

www.bundesumweltwettbewerb.de



GYPT – German Young Physicists' Tournament: aufgaben-archiv

Beim GYPT erforschen Jugendliche eins von 17 physikalischen Phänomenen, für die selbst in der Fachliteratur bisher keine Lösung bekannt ist. Im Aufgabenarchiv finden sich alle Aufgaben seit 2014.

www.gypt.org/wettbewerb.html



Schülerforschungszentren

In Schülerforschungszentren können Kinder und Jugendliche an ihren eigenen Forschungsprojekten arbeiten, sodass hier ein großer Erfahrungsschatz an Forschungsideen besteht. Das Schülerforschungszentrum Südwürttemberg hat beispielhafte Projektideen zusammengefasst.

www.sfz-bw.de/projekte/projektideen.pdf



Das Forschen im Blick

Unterstützendes Material für Schülerinnen und Schüler konzipieren

Gut aufbereitetes Material kann Schülerinnen und Schüler dazu inspirieren, angeleitet zu experimentieren und eigenständig zu forschen. Dieser Beitrag zeigt Ideen, wie bestehendes Unterrichtsmaterial so konzipiert werden kann, dass es zu eigenen Forschungsprojekten anregt. Dazu ist im Vorfeld ein kurzer Blick auf die Forschung zur Didaktik der Naturwissenschaften hilfreich, um die Voraussetzungen bei Schülerinnen und Schülern zu verstehen.

Christine Köhler, IPN – Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik, Kiel



◀ **Gut vorbereitet.** Schon mit wenigen Tipps und Tricks können Lehrkräfte klassische Versuchsvorschriften aus dem Lehrbuch zu spannenden Forschungsexperimenten umgestalten.

Welches Bild haben Schülerinnen und Schüler von den Naturwissenschaften?

Die Vorstellungen der Lernenden über die Natur der Naturwissenschaften sind meist nicht kohärent und konsistent. Dabei sprechen Befunde dafür, dass sich Vorstellungen über Forschende, Theorien und Gesetze sowie über naturwissenschaftliches Experimentieren und die Generierung von Wissen während der Schulzeit stabilisieren und sukzessive angemessener werden (Höttecke & Hopf, 2018). Jüngere Schülerinnen und Schüler verstehen zum Beispiel naturwissenschaftliches Experimentieren kaum als zielgerichtetes Handeln. Zudem bereiten ihnen der Umgang mit und die Interpretation von Messwerten oft Probleme (ebd.). Unter der Methodik der Naturwissenschaften verstehen die meisten Lernenden den Prozess der Erkenntnisgewinnung „als eine Abfolge der Schritte Frage ▶ Hypothese ▶ Daten sammeln ▶ Schlussfolgerungen ziehen“ (Höttecke & Hopf, 2018, S. 281). Damit Schülerinnen und Schüler nicht nur angeleitet experimentieren, sondern frei forschen können, ist es wichtig, diese Vorstellungen der Lernenden zu berücksichtigen.

Über den Unterschied zwischen Schul- und Forschungsexperiment

Der Ausgang von Experimenten, die im naturwissenschaftlichen Unterricht in unterschiedlichen Funktionen eingesetzt werden, ist Lehrkräften in der Regel bekannt. Dies steht im Widerspruch zu klassischen Experimenten im Forschungskontext, weshalb Paul und Groß (2016) zwischen dem typischen Schulexperiment und dem Forschungsexperiment unterscheiden: Das typische Schulexperiment mit definierter Versuchsvorschrift und bekanntem Ergebnis steht dem Forschungsexperiment als Teil des naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozesses gegenüber (ebd.). Zusammengenommen mit den oben genannten Vorstellungen, die Schülerinnen und Schüler über die Natur der Naturwissenschaften haben, hat dies entsprechend Auswirkungen auf die Konzeption von Material, das zum eigenständigen Forschen anregen soll. Hierbei gibt es mehrere Möglichkeiten, Lernende vom typischen Schulexperiment zum eigenen Forschungsexperiment hinzuführen.

Weiterentwicklung klassischer Versuchsvorschriften

Eine einfache Möglichkeit, typische Schulexperimente derart umzugestalten, dass sie zu eigenen

„Damit typische Schulexperimente zu eigenen Forschungsexperimenten inspirieren, sollte das Material das Ergebnis nicht vorwegnehmen.“

◆ **Christine Köhler**

Forschungsprojekten anregen, ist die Überarbeitung klassischer Versuchsvorschriften. Oftmals sind diese nach folgendem Schema aufgebaut: Es gibt eine Frage und eine Hypothese, die benötigten Materialien/Versuchsaufbau, die Versuchsdurchführung sowie Platz für Notizen. Dort können Schülerinnen und Schüler ihre Beobachtungen und eine Deutung aufschreiben. In vielen Versuchsvorschriften verraten die Titel der Experimente oder die Versuchsbeschreibungen aber bereits den Ausgang des Experiments.

Damit typische Schulexperimente zu eigenen Forschungsexperimenten inspirieren, ist es ratsam, die Versuchsvorschrift so zu konzipieren, dass das Material das Ergebnis nicht vorwegnimmt. Stattdessen lohnt es sich, den Titel des Experiments motivierend umzuformulieren und durch eine Forschungsfrage zu ersetzen oder zu ergänzen. Zusätzlich können in Versuchsvorschriften weiterführende Fragen zum Experiment oder auch zur Methodik integriert werden, wie zum Beispiel die Diskussion von Messunsicherheiten.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, den Schülerinnen und Schülern Variationen des Experiments zu präsentieren. Diese können durch kleine Veränderungen der Versuchsvorschrift erstellt werden. Alternativ lassen sich an dieser Stelle weiterführende Experimente oder Fragestellungen aufführen. Auch hier sind verschiedene Grade der Öffnung möglich, die zudem Potenzial für eine Binnendifferenzierung bieten. Das Arbeitsblatt „Dem Täter auf der Spur“ zeigt ein konkretes Beispiel, wie dies gelingt. Abgeschlossene Forschungsprojekte sind ebenfalls gute Inspirationsquellen für Materialien, die bereits erfolgreich zum Forschen animiert haben (vgl. S. 23).

Wie aus einem Schulexperiment spannende Forschungsfragen werden

► **Motivierender Titel**, der das Ergebnis des Experiments nicht vorwegnimmt.

► **Forschungsfrage statt einer Hypothese**, die überprüft wird. (Nichtsdestotrotz kann die Forschungsfrage um Hypothesen ergänzt werden.)

► **Materialien, Gefahren- und Sicherheitshinweise** sind wie in klassischen Schulexperimenten übersichtlich aufgelistet. Sie können einfach aus dem Lehrbuch übernommen werden.

► Durch **Notizen in einem Forschungstagebuch** statt direkt auf dem Arbeitsblatt bleibt das Experiment im Gedächtnis und kann weiter bearbeitet werden.

► Diese Information sollte erst nach dem Experiment auf einem gesonderten Arbeitsblatt zusammen mit den weiterführenden Forschungsfragen dargestellt werden.

► Durch **Anschlussfragen** erhalten Schülerinnen und Schüler eine konkrete Vorstellung, wie es weitergehen kann. Die Fragen sollten gemeinsam in der Klasse thematisiert werden.

Schulexperimente weitergedacht: Durch motivierende Formulierungen zu eigenen Forschungsfragen

Dem Täter auf der Spur

Forschungsfrage

Wie weisen Kriminologinnen und Kriminologen Blutspuren nach?

Materialien

- ◆ Luminol-Lösung und Natronlauge (Lösung 1)
- ◆ Wässrige Lösung von Kaliumhexacyanidoferrat(III) und Wasserstoffperoxid (Lösung 2)
- ◆ Becherglas 1000 mL mit demineralisiertem Wasser

Gefahrenhinweise

Name	Signalwort	Piktogramme	H- und EUH-Sätze
Luminol (5-Amino-1,2,3,4-tetrahydrophthalazin-1,4-dion)	Achtung		H302, H315, H319, H335
Natronlauge (w = 10%)	Gefahr		H290, H314
Wasserstoffperoxid (w = 30%)	Gefahr		H302+H332, H318
Rotes Blutlaugensalz (Kaliumhexacyanidoferrat(III))	nicht erforderlich	---	EUH032

Sicherheitshinweise

Name	Piktogramme	P-Sätze
Luminol (5-Amino-1,2,3,4-tetrahydrophthalazin-1,4-dion)		P280, P302+P352, P304+P340, P305+P351+P338
Natronlauge (c = 1 mol/L)		P280, P303+P361+P353, P305+P351+P338, P310
Wasserstoffperoxid (30%)		P280, P302+P352, P305+P351+P338, P310
Rotes Blutlaugensalz (Kaliumhexacyanidoferrat(III))	---	---

So wird es gemacht

Lösungen 1 und 2 werden in einem abgedunkelten Raum langsam in einem mit demineralisiertem Wasser gefüllten Becherglas zueinander gegeben. Notiere deine Beobachtungen in deinem Forschungsbuch.

Hintergrund

Blutspuren lassen sich mit der Luminol-Reaktion nachweisen. Luminol wird hierbei durch Wasserstoffperoxid oxidiert, wobei ein cyclisches Peroxid als Zwischenprodukt entsteht, aus dem Stickstoff abgespalten wird. Beim Zerfall des Peroxids wird Licht emittiert. Die Reaktion selbst wird durch den roten Blutfarbstoff Hämoglobin, welches den Eisenkomplex Häm enthält, katalysiert, was den Blutnachweis erst möglich macht – die Reaktion wäre sonst zu langsam. Statt Blut benutzen wir im Experiment Kaliumhexacyanidoferrat(III), $K_3[Fe(CN)_6]$.

Woran kannst du weiterforschen?

- ◆ Was beeinflusst die Dauer der Lumineszenz, wie kann man sie verkürzen oder verlängern?
- ◆ Welche Stoffe katalysieren neben den hier eingesetzten die Luminol-Reaktion?
- ◆ Welche Arten von Blutspuren können hiermit nachgewiesen werden / wie empfindlich ist der Nachweis?
- ◆ Welche weiteren chemischen Reaktionen werden in der Kriminalistik / Forensik genutzt?

Nachweis von Blutspuren mithilfe der Luminol-Reaktion

Frage/Hypothese

Mit der Luminol-Reaktion können Blutspuren nachgewiesen werden.

▼ **Materialien und Gefahren** werden bei jedem Experiment angegeben.

Materialien

- ◆ Luminol-Lösung und Natronlauge (Lösung 1)
- ◆ Wässrige Lösung von Kaliumhexacyanidoferrat(III) und Wasserstoffperoxid (Lösung 2)
- ◆ Becherglas 1000 mL mit demineralisiertem Wasser

Gefahrenhinweise

Name	Signalwort	Piktogramme	H- und EUH-Sätze
Luminol (5-Amino-1,2,3,4-tetrahydrophthalazin-1,4-dion)	Achtung		H302, H315, H319, H335
Natronlauge (w = 10%)	Gefahr		H290, H314
Wasserstoffperoxid (w = 30%)	Gefahr		H302+H332, H318
Rotes Blutlaugensalz (Kaliumhexacyanidoferrat(III))	nicht erforderlich	---	EUH032

Sicherheitshinweise

Name	Piktogramme	P-Sätze
Luminol (5-Amino-1,2,3,4-tetrahydrophthalazin-1,4-dion)		P280, P302+P352, P304+P340, P305+P351+P338
Natronlauge (c = 1 mol/L)		P280, P303+P361+P353, P305+P351+P338, P310
Wasserstoffperoxid (30%)		P280, P302+P352, P305+P351+P338, P310
Rotes Blutlaugensalz (Kaliumhexacyanidoferrat(III))	---	---

▼ **Versuchsanweisungen** – Notizen auf dem Arbeitsblatt lassen das Experiment schnell in Vergessenheit geraten.

Versuchsdurchführung

Lösungen 1 und 2 werden in einem abgedunkelten Raum langsam in einem mit demineralisiertem Wasser gefüllten Becherglas zueinander gegeben.

Versuchsbeobachtung

Versuchsdeutung

Klassische Versuchsvorschrift: Ein Schulexperiment aus dem Lehrbuch als Ausgangspunkt

Außerschulische Impulse als Ergänzung

Aus dem Unterricht abgeleitete Forschungsfragen oder Forschungsexperimente sind für Schülerinnen und Schüler eine ideale Quelle für eigene Forschungsprojekte. Aber auch Beispiele aus der aktuellen Forschung eignen sich als Material und können gute Impulse für eigene Vorhaben sein. Hierbei ist es besonders wichtig, den Schülerinnen und Schülern an konkreten Beispielen oder durch konkrete Experimente aufzuzeigen, in welche Richtung sie weiterarbeiten können – nicht jedes Themenfeld oder jede Forschungsfrage kann ohne Weiteres von Lernenden bearbeitet werden. Lehrkräfte können bei der Suche nach der eigenen Forschungsfrage unterstützen und zu kritischen Nachfragen anregen.

Nicht zu vergessen sind zudem Beispiele von Forschungsprojekten, die andere Schülerinnen und Schüler bearbeitet haben. Diese können entweder an konkrete Unterrichtsmaterialien angebunden oder als einfache Liste für den Bedarf gestaltet sein. Als Einstieg in das eigenständige Forschen ist es nicht verwerflich, Forschungsfragen nachzugehen, die andere schon einmal bearbeitet haben. Aus einer fremden Idee kann immer ein eigenes Vorhaben entstehen. Hierbei müssen nicht nur Projekte als Vorbild dienen, die besonders erfolgreich in einem Wettbewerb abgeschnitten haben. Für den Einstieg sind Projekte von Teilnehmenden aus den Vorentscheidungsrunden von Wettbewerben oftmals sogar lohnender. ■

Es wird darauf hingewiesen, dass für jedes Experiment entsprechend der eigenen Durchführung vor der erstmaligen Aufnahme der Tätigkeit eine Gefährdungsbeurteilung durchgeführt und dokumentiert werden muss. Jede fachkundige Nutzerin/jeder fachkundige Nutzer muss die aufgeführten Inhalte eigenverantwortlich prüfen und an die tatsächlichen Gegebenheiten anpassen. Weder die Redaktion des Lehrerfortbildungsservers noch die Autorinnen und Autoren der veröffentlichten Experimente übernehmen jegliche Haftung für direkte oder indirekte Schäden, die durch exakten, veränderten oder fehlerhaften Nachbau und/oder Durchführung der Experimente entstehen. (Quelle: https://lehrerfortbildung-bw.de/u_matnatech/chemie/bs/6bg/6bg1/lpe_7_sauren_laugen_neutralisation/eigenschaften/4_versuch.html)



Foto: SouPicture | Kiel

► **Dr. Christine Köhler** promovierte nach ihrem Referendariat über Schülerwettbewerbe und koordiniert seitdem die Schülerforschungszentren in Schleswig-Holstein. Als Leiterin des Kieler Schülerforschungszentrums betreut sie auch selbst Schülerinnen und Schüler.

Lernende mit auf die Reise nehmen

Besuch bei einer Forscherklasse



Einzelne Schritte aus einem Forschungsprozess auszulassen, motiviert zum selbstständigen Forschen. So können Schülerinnen und Schüler die Abläufe einüben, verinnerlichen und am Ende selbstständig durchführen. Wir durften beobachten, wie das ganz konkret bei einer frisch zusammengewürfelten fünften Klasse aussehen kann. Und eins sei schon verraten: Mut zur Lücke lohnt sich.

Katalin Akócsi, Joachim Herz Stiftung

◀ **Was hier sonst noch passiert.** Forschungsaktivitäten schärfen die Beobachtungsgabe. Durch abwechslungsreiche Tätigkeiten und verschiedene Untersuchungsgegenstände ist der Natur- und Technik-Unterricht immer wieder aufs Neue spannend.

Als endlich das Stück Kandis vom Bindfaden fällt, geht ein Jubel durch die Klasse. „Bei uns hat es 6 Minuten und 5 Sekunden gedauert, wir stellen den Weltrekord auf“, ruft ein Schüler. Im Natur- und Technik-Unterricht der fünften Klasse des Charlotte-Paulsen-Gymnasiums in Hamburg tasten sich Schülerinnen und Schüler mit Hilfe ihres Lehrers Sven Röding an die Forschung heran. Die Ziele der heutigen Stunde: die Teilchenebene heranzuziehen, um Phänomene zu erklären und die Fachsprache einzuüben, indem funktionale „Je-desto-Beziehungen“ formuliert werden. Und das geht schon mit den einfachsten Mitteln: Zucker und Wasser.

Das ist alles Naturwissenschaft

Für heute stehen zwei Experimente auf dem Plan. Nach der Ergebnissicherung der letzten Stunde untersuchen die Jungforscherinnen und Jungforscher ein Stück Würfelzucker und einen Kandiskristall mit einer Lupe. Anschließend binden sie die beiden Zuckersorten an Fäden, lassen sie in heißem Wasser abtauchen und messen die Zeit, bis sich Würfelzucker und Kandis von den Fäden lösen.

Zunächst trägt Sven Röding mit seiner Klasse die Ergebnisse der letzten Stunde zusammen. Die 26 Kinder haben in Zweiergruppen zusammengearbeitet und beobachtet, wann sich ein Würfelzucker in kaltem und heißem Wasser vom Bindfaden löst. Heute weisen sie zunächst gemeinsam einem leeren Zahlenstrahl Maßeinheiten zu. Ein Längsstrich misst ab jetzt zwei Sekunden. Diese Darstel-

lungsart haben die Schülerinnen und Schüler letzte Woche im Mathematikunterricht kennengelernt. „Wir versuchen den Schülern an vielen Stellen klarzumachen: Das ist alles Naturwissenschaft“, betont Röding in einem anschließenden Gespräch. Die Kinder selbst fordern von der Lehrkraft ein, in verschiedenen Disziplinen sattelfest zu sein, wie ihre Fragen im Laufe der Stunde zeigen werden. Aber zunächst notiert und sichert der Lehrer auf Zuruf die Ergebnisse aus der letzten Stunde auf dem Zahlenstrahl. Die unterschiedlichen Werte der 13 Forscherpaare machen außerdem deutlich, dass erst durch die Wiederholung von Experimenten aussagekräftige Erkenntnisse entstehen. Die meisten Messwerte tummeln sich auf dem Zeitstrahl in deutlicher Nähe zueinander, nur zwei Angaben fallen aus dem Rahmen. Eine Schülerin vermutet einen Messfehler und rät den Mitschülern: „Man sollte die Zeit nur so weit stoppen, bis der Zuckerkwürfel vom Faden abfällt. Auch wenn es spannend ist zu sehen, wie er sich ganz auflöst.“

Forschen stärkt das Gemeinschaftsgefühl

Raum für Austausch zu schaffen, ist ein wichtiges Anliegen in der Forscherklasse. Damit alle Ideen im Klassenverbund gehört werden und die Gruppe als Ganzes wachsen kann, experimentiert Sven Röding ganz bewusst immer mit der ganzen Klasse und nicht wie an der Schule üblich mit halben Klassen. „Vor allem in der fünften Klasse muss man schon ▶

arg an der Disziplin der Schülerinnen und Schüler arbeiten, sonst geht es schnell drunter und drüber“, verrät er. Und auch die eigene Stimmung ist mehr oder weniger förderlich, damit die Lernenden fokussiert arbeiten können. „Ich bin einmal die Woche allein, einmal mit Kollegen in der Klasse. Wenn ich allein unterrichte, ist das eine ganz andere Stunde. In der Einzelstunde versuche ich eher, das Boot am Laufen zu halten. Es ist für die Schüler hilfreich, wenn sie mehrere Ansprechpartner haben und nicht nur Herrn Röding, der wie wild durch die Reihen saust. Trotzdem bin ich der Meinung, es ist

besser, wenn alle zusammen sind. So können die Ideen aller in der Gruppe besser wahrgenommen werden. Die Forscherklasse soll Gemeinschaftsgefühl hervorrufen.“ Verstärkung in Form einer Zweit- oder sogar Drittbesetzung hilft also enorm, um Inhalte zu vermitteln und Fragen zu beantworten. Ruhe reinbringen muss aber in der Regel die Person, die vorne steht.

Wenn Schülerinnen und Schüler das Wissen verteilen

Dass hier Lernende mit unterschiedlichen Kenntnisständen zusammensitzen, ist schon an dem kleinen Vor-Experiment ersichtlich. Der Arbeitsauftrag ist, einen Zuckerwürfel und einen Kandiskristall mit einer Lupe zu untersuchen und ihre Beobachtungen auf einem Arbeitsblatt aufzumalen. Sven Röding hat heute Unterstützung von einem weiteren Lehrer und einer Praktikantin. Während der Arbeitsphase stellen sie gemeinsam sicher, dass der Arbeitsauftrag verstanden worden ist, beantworten Fragen und erinnern die Kinder daran, die Strukturen auch wirklich aufzuzeichnen. „Langfristig versuchen wir, leistungsstärkere Schüler mit leistungsschwächeren zusammenzubringen. Wenn jemand zum Beispiel mit einem Experiment fertig ist, kann er oder sie anderen helfen. Wenn Schüler sich austauschen, unterstützen und das Wissen verteilen, entlastet das natürlich die Lehrkräfte. Dann haben wir die Gelegenheit, uns einen Überblick zu verschaffen, auch bei Leistungsschwächeren nachzuhelfen und alle in ein Boot zu holen. Indem sie eigene Tipps überlegen, üben die Kinder, Aussagen verständlich zu formulieren. Denn sie möchten ja auch verstanden werden.“ Weitere Möglichkeiten, um die Zusammenarbeit zu fördern: die Sitzordnung anpassen oder die Kinder im außerschulischen Rahmen zusammenarbeiten lassen, um zum Beispiel an Wettbewerben teilzunehmen.

Nebenbei die Lichtbrechung entdeckt

Nach zwei Minuten stoppt der Timer und es ist Zeit für die Ergebnispräsentation in Form einer Meldetele, in der sich Jungs und Mädchen abwechselnd das Wort erteilen, wenn sie mit ihrem Redebeitrag fertig sind. Die offen gehaltene Fragestellung „Untersucht den Zuckerwürfel mit der Lupe“ – statt „Untersucht die Struktur des Zuckerwürfels mit der Lupe“ – lässt unterschiedliche Bearbeitungsweisen zu. Ein Schüler versucht mit der Lupe den Kristallzucker zu zerlegen – und überprüft so wissenschaftlich oder unwissenschaftlich die Festigkeit der Struktur –

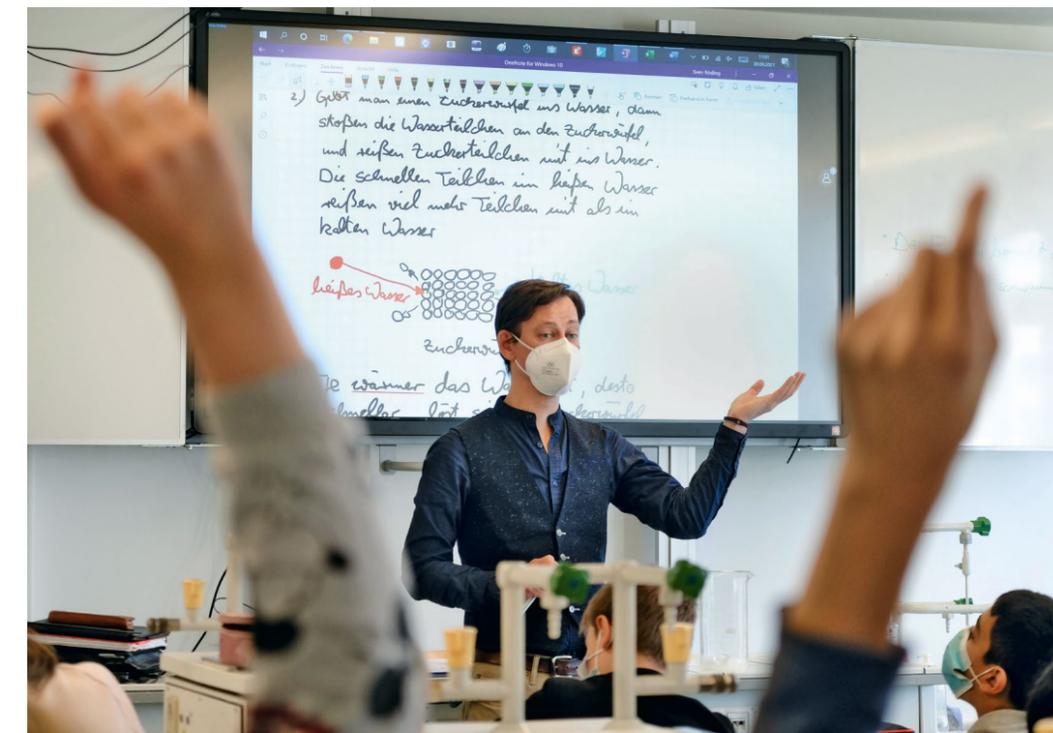
während in der nächsten Wortmeldung ein anderer Schüler auf die unterschiedliche Herstellungsart von Kristallzucker und Kandiszucker hinweist. Eine weitere Schülerin entdeckt die Lichtbrechung im Kristallzucker: „Als ich ein Auge zugeedrückt und durch die Lupe geguckt hab, war der Zuckerwürfel am Rand ganz blau und innen drin ganz bunt.“ Schüler aus der letzten Reihe probieren das prompt aus und bewundern, was sie sehen. Eine spannende Sache, zu der Röding ein Anschlussexperiment ankündigt.

„Ich möchte nicht sagen: Bäm, das ist so – sondern lieber: Wie kommen wir von unserem Wissen dahin?“

◆ Sven Röding



◀ **Vorbereitung.** Nachdem die Kinder einen Zuckerwürfel und einen Kandiskristall mit einer Lupe untersucht haben, erarbeiten sie sich die Schritte der Versuchsdurchführung und formulieren eigene Hypothesen. Anschließend kneten sie beide Zuckersorten an Bindfäden. Thermometer und ein Handy bzw. eine Armbanduhr liegen bereit, um die nötigen Messungen durchzuführen.



▲ **Durchführung und Ergebnissicherung.** Erst heißt es: die Temperatur des Wassers messen. Dann lassen die Zweiergruppen die beiden Zuckerarten nacheinander abtauchen und messen die Zeit, bis sie sich von den Bindfäden lösen. Worauf Sven Röding mit dem Versuch hinauswill? Auf der Teilchenebene kann erklärt werden, warum sich der Kandiszucker langsamer als der Würfelzucker vom Bindfaden löst.



Austausch macht Schule

„Im alten Lehrerzimmer waren wir alle Einzelkämpfer, jetzt sind wir Teamplayer“, sagt Herr Röding über das MINT-Lehrerzimmer. Hier treffen sich die Fachlehrer in den Pausen und nach dem Unterricht. Sie bereiten den Unterricht vor und kommen dafür auf dem kurzen Dienstweg schnell ins Gespräch. Für die Forscherklasse screenen sie Schulbücher auf geeignete Experimente hin und bereiten Regelmaterial für das Fach Natur und Technik (NUT) anspruchsvoller auf. Der Unterschied zum Regelunterricht: Die Auswertungen am Ende der Stunde sind fachlich fokussiert, weniger spielerisch und in der jeweiligen Fachsprache formuliert. Im MINT-Lehrerzimmer sind Print-Materialien, Experimentier- und Schulbücher sowie Arbeitsmaterialien von Verlagen zusammengestellt, aus denen sich Ideen für Demoexperimente, stumme Impulse und Arbeitsblätter ableiten lassen. Zudem befindet sich eine digitale Sammlung auf IServ mit Ideen und bereits durchgeführten Experimenten. Die Materialien für die Experimente liegen in der NUT-Sammlung bereit, damit alles für die Schulstunden vorrätig ist.

Herleiten statt diktieren

Wann die Fragen ins Unterrichtskonzept passen, ist Abwägungssache. „Ich muss immer überlegen: Macht es Sinn, das jetzt aufzugreifen, oder warte ich, bis das Thema auf dem Lehrplan steht? Das Auge wird zum Beispiel am Ende von Klasse 5 behandelt.“ Zudem bietet es sich an, mit einer sogenannten Forscherbox zu arbeiten. Dort werfen die Jungforscher ihre Fragen ein und wissen, dass sie für die nächsten Stunden gesichert sind. Die Fragen halten sich natürlich eher an die Interessen der Kinder als an die Grenzen der Disziplinen. „Als Chemielehrer spielt mein fachlicher Anteil am Unterricht eine untergeordnete Rolle. Ich muss auch gucken, dass ich in den anderen Fächern sattelfest bin.“ Eine große Herausforderung, die aber auch den Lehreralltag spannender macht, weil sie immer wieder neue Türen öffnet. Dabei hilft es, von der Grundlage her Naturwissenschaftler zu sein und ein eigenes Grundinteresse an den Themen zu haben. „Naturwissenschaften funktionieren aus meiner Sicht so, dass man auch versucht, sich Dinge herzu-leiten. Ich versuche, die Schüler mit auf die Reise zu nehmen, wie ich mir selbst eine Antwort auf diese Frage erarbeite. Ich gebe Schülern gegenüber auch zu, wenn ich nicht weiterweiß. Die freuen sich dann natürlich, dass sie den Lehrer ins Grübeln gebracht haben. Manchmal spiele ich die Frage auch zurück und sage: ‚Coole Frage, vielleicht magst du da mal zu Hause drüber nachdenken und das nächste Mal was erzählen?‘ Das verschafft mir dann Zeit, um mir selbst Gedanken zu machen. Aber das ist auch legitim und gehört in der Forscherklasse dazu. Wir sind ja nicht in einer Vorlesung. Ich hatte dadurch noch keine Situation, bei der ich das Gefühl hatte: Das war jetzt keine befriedigende Antwort.“

Bei der Versuchsdurchführung – da fehlt ja was

Mut zur Lücke gilt auch für die Aufgabenstellung. Auf dem Arbeitsblatt zum zweiten Experiment fehlen sowohl die Hypothese als auch die Schritte der Versuchsdurchführung. Lediglich der erste Schritt ist angegeben: „Binde an einen Bindfaden ein Stück Würfelzucker.“ Der Versuchsaufbau ist einmal lückenhaft, einmal vollständig aufgezeichnet. Die Schülerinnen und Schüler kennen den Versuchsaufbau und die Versuchsdurchführung aus der letzten Stunde. Sie lesen gemeinsam das Arbeitsblatt und leiten den Arbeitsauftrag aus ihren Erfahrungen und Vermutungen ab. Die Hypothese formuliert jedes Kind für sich auf dem Zettel.

Was wird wohl geschehen? Die Antworten reichen von „der Kandiskristall fällt zuerst“ über „der Kandis wird kleiner und heller“ bis „der Kandis löst sich nicht auf“. Dann kann das Experiment endlich beginnen. Die Kinder kneten mit Fingerspitzengefühl einen Bindfaden um die Zuckerstücke, das klappt bei den meisten schon selbstständig und ganz ohne Aufforderung, den Vorkenntnissen aus der letzten Stunde sei Dank. Zu dem Gemurmel gesellt sich ein helles Klirren, als die Lehrkräfte und die Praktikantin die Gläser austeilen. Die Schülerinnen und Schüler beobachten, wie die Temperatur auf den Thermometern steigt. Die Lehrkräfte gehen herum. Sie zeigen, wie man das Thermometer richtig hält, und ermuntern die Lernenden, geduldig zu sein, bis die Temperatur angezeigt wird. „35 Grad, das ist ganz schön kühles heißes Wasser“, bemerkt Röding, als ein Schüler das Ergebnis vorschnell notieren will.

Integrative Forscherteams

Im nächsten Schritt lassen die Schülerinnen und Schüler die beiden Zuckerarten nacheinander im heißen Wasser abtauchen. Aber den richtigen Zeitpunkt abzapfen, ist für manche Zweiergruppen gar nicht so einfach – den Zucker genau dann zu versenken, wenn auch der Timer gestartet wird, erfordert Absprachen zwischen ihnen und Konzentration – und kann im Großen und Ganzen ganz schön aufregend sein. Beim Teamwork stehen die Kinder vor allem vor alterstypischen Problemen. „Jungs und Mädels wollen in dem Alter nicht so gerne zusammenarbeiten. Es ist weitaus weniger problematisch, leistungsstärkere und leistungsschwächere Lernende in eine Gruppe zu packen – weil die einfach wissen: Wir sind hier ein Forscherteam. Da merkt man deutlich einen Unterschied zum Regelunterricht. Dort wollen die Stärkeren manchmal für sich bleiben – aber das habe ich in einer Forscherklasse noch nicht erlebt. Die sind hier integrativer.“

Während sich der Zuckerwürfel in Sekunden vom Bindfaden löst, hält sich der Kandis hartnäckiger. In der ersten Arbeitsphase erfolgen die unterschiedlichen Schritte schnell hintereinander, alle arbeiten konzentriert. Als sich dann bei den ersten Kindern der Kandis schon gelöst hat, macht sich bei anderen Ungeduld breit. Ein Forscherteam feuert seinen Kandiskristall an: „Los, mach schon!“

Die Basis für mehr Selbstständigkeit

Kurz vor dem Klingeln tauschen sich die Grüppchen über ihre Ergebnisse aus. Der Austausch im Klassenverbund wird erst in der nächsten Stunde stattfinden, die den Kindern das Thema gesättigte Lösungen und das Teilchenmodell näherbringt. Die Forscherklasse hat in der Woche vier Stunden Natur- und Technik-Unterricht und somit zwei Stunden mehr als die Regelklassen. Die Themen sind passend zum Oberthema Wasser aus dem Curriculum gesetzt. Eine solche Stunde setzt die Basis dafür, dass sich die Fünftklässler in einer der Folgestunden zum Beispiel selbstständig über die Dichte von Flüssigkeiten austauschen und dass die Experimente im Laufe der Schullaufbahn in Projektarbeiten, Referaten und Hausarbeiten weiter geöffnet werden können. Damit lernen die Schülerinnen und Schüler von ihren eigenen Interessen getrieben über das Curriculum hinaus. „Vor allem das Hausaufgabenexperiment macht eine Menge aus. Hier haben die Kinder keine zeitlichen Beschränkungen und können beim Forschen kreativ sein. Vielleicht sind manche Zutaten nicht vorhanden, dann müssen sie noch mal neu überlegen. Und sie sind selbst in der Lage, Teile des Experiments zu ändern – weil es sie einfach interessiert, was dann passieren würde. Das Experiment mit den Zuckern haben zum Beispiel manche Schüler zu Hause noch mal nachgemacht und ein Bonbon im Wasser aufgelöst.“ ■

◆ Kinder und Jugendliche, die außerhalb des Unterrichts im MINT-Bereich forschen möchten, können dies in Schülerforschungszentren tun. Die Adressen der aktuell 81 Standorte des „Netzwerks Schülerforschungszentren“ gibt es unter www.schuelerforschungszentren.de



◀ **Sven Röding** unterrichtet das Fach Natur und Technik in Klasse 5 und 6. Einer seiner Lehrer in der Mittelstufe setzte durch seinen authentischen Unterricht den Grundstein dafür, dass er heute selbst Schülerinnen und Schülern das Feld der Forschung eröffnen möchte. Der Diplom-Mathematiker hat am Institut für Pflanzenmedizin in Kiel geforscht und dabei erlebt, wie die Grenzen zwischen den Disziplinen verschwimmen. Eines seiner Anliegen ist, dies auch im Unterricht zu vermitteln.

▼ **Zooniverse-Projekt Penguin Watch.** Bei diesem Forschungsvorhaben erfassen Citizen Scientists, wie viele erwachsene Pinguine, Pinguinküken und/oder -eier auf einem Foto zu sehen sind. Die Fotos stammen von Kamerafallen, etwa in der Antarktis. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler werten die Daten aus und publizieren sie.



▲ **Plastic Pirates – Go Europe!** In diesem Projekt untersuchen Jugendliche zwischen 10 und 16 Jahren gewässernahe Umweltverschmutzung durch Plastikmüll. Dazu nehmen sie zum Beispiel Proben vor Ort, die dann auf Mikroplastik geprüft werden. Die Ergebnisse werden von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern ausgewertet und veröffentlicht.

Wissenschaft zum Mitforschen

Citizen Science für die Schulpraxis

Als Citizen Scientist kann jeder von uns zu wissenschaftlicher Forschung beitragen. Dieser Trend mit langer Tradition bietet gerade auch für die Schulpraxis neue Möglichkeiten als Einstiegsformat in die Wissenschaft. Es existieren zahlreiche Citizen-Science-Projekte aus verschiedenen Disziplinen, die zum Mitforschen einladen. Dies kann vollständig online ablaufen oder auch aktive Feldforschung beinhalten. Durchs Mitforschen ergeben sich vielfältige Lerngelegenheiten sowie die Möglichkeit, den Erfahrungsraum der Schülerinnen und Schüler zu bereichern, um potenzielle Barrieren zur Wissenschaft abzubauen.

Julia Lorke, IPN – Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik, Kiel

Ein nicht so neuer partizipativer Forschungsansatz

Citizen Science, auch Bürgerforschung genannt, bezeichnet eine Vielzahl an Forschungsformaten, die unter Beteiligung der Bevölkerung neue wissenschaftliche Erkenntnisse generieren (Haklay et al., 2021). In Citizen-Science-Projekten helfen Personen ohne professionellen wissenschaftlichen Hintergrund in der entsprechenden Disziplin mit. Das hat zum Beispiel in der Biodiversitätsforschung oder der Ahnenforschung bereits eine lange Tradition. Gerade Forschungsprojekte, die auf die großflächige Erhebung von vielen Datenpunkten angewiesen sind, wären ohne die Mitwirkung von Freiwilligen oftmals nicht möglich. Technologische Entwicklungen der letzten Jahrzehnte (z. B. Smartphones, Internetzugang) und der allgemeine Trend hin zur Bürgerbeteiligung in verschiedenen gesellschaftlichen Bereichen öffnen das Konzept des Mitforschens für ein breiteres Publikum und tragen zur steigenden Popularität von Citizen Science bei.

Mitforschen als Lerngelegenheit

Die Beteiligung kann unterschiedliche Aspekte des Forschungsprozesses umfassen. Projekte bezeichnet man nach Shirk et al. (2012) als „co-created“, wenn sie Bürgerinnen und Bürger in allen Forschungsphasen, von der Entwicklung der Fragestellung über die Durchführung hin zur Kommunikation der Ergebnisse, beteiligen. In dem Projekt „Wer sind wir – Fridays For Future meets Citizen Science“ entwickeln zum Beispiel wissenschaftlich Forschende zusammen mit Aktivistinnen und Aktivisten Forschungsfragen, das Forschungsdesign und führen auch die Untersuchungen gemeinsam durch. In sogenannten „contributory“ Citizen-Science-Projekten (z. B. „Plastic Pirates“ und „Penguin Watch“) werden Bürgerinnen und Bürger hauptsächlich in die Datenerhebung von Forschungsergebnissen eingebunden. Dieser Projekttyp kommt besonders häufig vor. Dabei liegt im Vergleich zu anderen Forschungsaktivitäten im Schulkontext die Verantwortung für Forschungsdesign, -infrastruktur ▶

Zwei Erfahrungsberichte zeigen, wie Forschung und Schulpraxis zusammenwirken



Lehrerin

Katrin Kruse von der Kieler Forschungswerkstatt hat am Plastikpiraten-Projekt mitgearbeitet, es als Lehrerin an ihrer Schule durchgeführt und dessen Wirkung untersucht.



Projektleiter

Dr. Christian Strippel koordiniert den Beitrag des Alfred Krupp-Schülerlabors an der Ruhr-Universität Bochum zu dem Projekt „Schädliche Umwelteinflüsse auf das Kulturerbe im Unterricht vermitteln“.

Welchen Mehrwert hat Citizen Science für die Schulpraxis?

Schülerinnen und Schüler werden Teil des wissenschaftlichen Prozesses. Sie ahmen den wissenschaftlichen Erkenntnisweg nicht nur nach, sondern erleben und gestalten ihn mit. Was sie erarbeiten, ist relevant und hat eine große Bedeutung für professionelle Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler. Die Lernenden und ihr Handeln werden ernst genommen. Darüber hinaus ergeben sich auch für Lehrkräfte Möglichkeiten, ihr Wissen zu erweitern und Einblicke in Forschungsarbeit zu erhalten.

Für Lehrende und Lernende bietet Citizen Science die Gelegenheit, Teil authentischer Forschungsprozesse zu sein. So wird der Bezug zum Weg der Erkenntnisgewinnung gestärkt und es bieten sich relevante Anlässe zum Austausch mit anderen Gruppen – Schülerinnen und Schüler, Lehrkräfte, Forschende und weitere gesellschaftliche Akteure. Ich bestärke Lehrende darin, dass die Arbeit ihrer Lerngruppen wertgeschätzt wird und sie sich mit ihren Interessen und Bedürfnissen einbringen können.

Was sind die Herausforderungen beim Einsatz von Citizen Science im Unterricht?

Als Lehrkraft ist es wichtig, möglichst wenige organisatorische Hürden überwinden zu müssen. Gut ausgearbeitetes Unterrichtsmaterial kann hierbei sehr hilfreich sein und viel Arbeit ersparen, die bei der Umsetzung der Projekte für Lehrkräfte an anderer Stelle anfällt. Ist das Forschungsthema an relevante Lehrplaninhalte angebunden, wird die Projektteilnahme nicht als „noch zusätzlich“, sondern als erleichternd wahrgenommen.

Für die Umsetzung ist eine Balance zwischen Unterstützung und Freiheiten wichtig. Citizen-Science-Projekte sollten an Lehrplaninhalte anknüpfbar sein und grundlegendes Material bzw. Aktivitäten für die Einbindung bieten. Gleichzeitig sollten Lehrkräfte sowie Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit haben, ihren Beitrag zum Projekt gemäß ihren Interessen und den Gegebenheiten an ihrer Schule anzupassen.

„Citizen-Science-Projekte eignen sich gut als Einstiegsformate zum Forschen in der Schule.“

◆
Julia Lorke

und -koordination bei den externen Projektleitenden und somit eignen sie sich gut als Einstiegsformat zum Forschen in der Schule.

Viele Citizen-Science-Projekte verfolgen neben dem Forschungsvorhaben auch Bildungsziele für die Teilnehmenden. Verschiedene Studien belegen vor allem Lerneffekte im Bereich Wissenserwerb. Außerdem konnten die Entwicklung von Fähigkeiten sowie Wirkungen auf Einstellungen, Verhalten und Identität der Teilnehmenden sowohl im schulischen als auch im außerschulischen Bereich beobachtet werden (siehe z. B. Peter et al., 2019; Harris & Ballard, 2021).

Wo finde ich ein passendes Projekt?

Um potenzielle Citizen Scientists bei der Suche nach Projekten zu unterstützen, haben sich verschiedene Citizen-Science-Plattformen etabliert. Bei Buergerschaffenwissen.de können Interessierte in einem Projektkatalog über Filterfunktionen nach geeigneten Projekten suchen. Für die Schulpraxis ist etwa die Kategorie „für Kinder geeignet“ ein guter erster Anhaltspunkt. Zudem kann nach Bundesland oder Thema gefiltert sowie nach Projekten gesucht werden, die sich komplett online durchführen lassen. So kann man passende Projekte für

die eigenen Unterrichtsbedingungen finden. Auf Zooniverse.org sind überwiegend englischsprachige Projekte vertreten, die sofort auf der Plattform durchgeführt werden können.

Empfehlungen aus der Praxis für die Praxis

Citizen-Science-Projekte können sowohl im Fach- oder Projektunterricht als auch in AGs eingesetzt werden. Entweder kann die Lerngruppe gemeinsam an einem Projekt arbeiten oder die Lernenden können sich individuell selbst Projekte zum Mitforschen auswählen. Einige Projekte sind gezielt für den Einsatz in der Schule konzipiert worden. Zu diesen gibt es häufig Lehr- und Lernmaterialien oder sogar Fortbildungen. Es empfiehlt sich, Interaktionen mit Projektverantwortlichen zu ermöglichen. So bekommen die Lernenden die Gelegenheit, sich mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern auszutauschen und Feedback zu ihren Projektbeiträgen zu bekommen. In jedem Fall sollte mit den Lernenden erarbeitet werden, was Citizen Science von anderen Experimenten im Unterricht unterscheidet, um sicherzustellen, dass ihnen ihr Beitrag zu authentischer Forschung bewusst wird. ■

Julia Lorke
Lese-Tipp



Die Broschüre „Citizen Science – Forschen mit Schulen“ enthält wertvolle, praktische Tipps für Lehrkräfte: <https://oead.at/de/aktuelles/artikel/2021/08/neue-publikation-citizen-science-forschen-mit-schulen>

◆ Am Themengebiet Citizen Science im Schulkontext Interessierte sind in der AG Schule von Bürger schaffen Wissen herzlich willkommen:
www.buergerschaffenwissen.de/netzwerk/ag-citizen-science-in-schulen



◆ **Dr. Julia Lorke** nutzt ihre Erfahrungen als Lehrerin, Dozentin, Wissenschaftlerin und Wissenschaftskommunikatorin am IPN Kiel, um zu erforschen, wie Citizen Science auf die Science Identity von Schülerinnen und Schülern sowie Lehrkräften wirkt.

◀ **Grünes Licht für eigene Fragen.** Beim forschenden Lernen suchen Schülerinnen und Schüler selbstständig nach Lösungswegen. Und brauchen unterschiedliche Arten der Unterstützung durch die Lehrkräfte.

Versuch macht klug

Wie Forschung im Schulalltag gelingt

Forschungsprojekte fördern das Verständnis für naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen. Zudem können sie im Unterricht eine wertvolle und fruchtbare Atmosphäre gegenseitiger Wertschätzung erzeugen. Aber wie finden Schulalltag und Forschen mit Schülerinnen und Schülern zusammen? Zu dieser Frage haben wir von Jürgen Paul Praxistipps bekommen.

Interview mit Jürgen Paul, Universität Bamberg

Herr Paul, was motiviert Sie dazu, mit Schülerinnen und Schülern zu forschen?

Jürgen Paul: Zum einen habe ich eine fachliche Motivation. Ich möchte Fachwissen und fachtypische Denk- und Arbeitsweisen vermitteln, weil ich glaube, dass die Naturwissenschaften sehr wichtige Erkenntnisse, Ideen und Denkschemata beinhalten, die für unsere Gesellschaft und für unsere Zukunft von großer Bedeutung sind. Der zweite Punkt ist, dass es mich motiviert, die Schülerinnen und Schüler in ihrer Entwicklung zu begleiten. Ich sehe gerne dabei zu, wenn sich ein Fenster öffnet, ich ein paar Kleinigkeiten in Bewegung setze und die Schülerinnen und Schüler dann motiviert diesen Weg gehen können. Das erfreut mich einfach, dass ich an so einer persönlichen Entwicklung teilhaben kann. Es ist spannend, wenn man irgendwann seine ehemaligen Schülerinnen oder Schüler wiedersieht, sie erzählen einem beim Plaudern ihre Lebensgeschichte und dann kommt: „Bei Ihnen, Herr Paul, war das damals so und so und deswegen habe ich das gemacht.“ Das ist ein absolut erhebendes Gefühl.

Was bedeutet „Forschen an der Schule“ für Sie persönlich?

Für mich kommt es dabei in erster Linie auf das Erleben des authentischen Forschens an. Indem Schülerinnen und Schüler den realen Forschungszyklus nachempfinden, bekommen sie ein realistisches Verständnis für naturwissenschaftliche Forschung und damit für den Erkenntnisweg. Sie bekommen ein Gespür dafür, wie Wissen generiert wird. Dadurch können sie fachlich richtig und in der Sache angemessen wissenschaftliche Ergebnisse einsortieren, bewerten und als mündige Bürger bei Wertediskussionen mitreden.

Wie trägt das Forschen zu einer konstruktiven Lernatmosphäre im Unterricht bei?

In einer Atmosphäre, die auf Gegenseitigkeit und Wertschätzung aufbaut, können Kinder und Jugendliche ganz allgemein besser lernen. Indem ich die Fragestellungen gemeinsam mit den Schülerinnen und Schülern entwickle, gebe ich ihnen die Möglichkeit, mitzureden und ihre eigenen Interessen einzubringen. Durch „Visionen geben“, „wertschätzen“ und „fokussieren“ kann ich als Lehrkraft dann eine Atmosphäre entstehen lassen, in der Schülerinnen und Schüler offen für Lerninhalte sind, sich trauen, ihre eigene Meinung zu sagen und auch zuzugeben, wenn sie etwas nicht wissen.

Forschungsprojekte laufen in der Wissenschaft oft über Jahre. Wie können Lehrkräfte den ganzen Forschungsprozess in wenigen Schulstunden unterbringen?

In den naturwissenschaftlichen Fächern lohnt es sich, die Schritte des Forschungszyklus (Fragestellung formulieren, Hypothesen generieren, Experiment planen usw., vgl. S. 3) immer wieder, auch einzeln, zu üben. So können sich die Schülerinnen und Schüler schrittweise herantasten und erste Einblicke in den gesamten Forschungsprozess bekommen. Viele Lehrkräfte schrecken vor dem forschenden Lernen zurück, weil sie denken, sie haben einen riesigen Aufwand mit Geräten und brauchen viel Zeit. Aber letztendlich kann ich die einzelnen Elemente des Forschens immer wieder in die Schulstunden einbringen (vgl. S. 3 in dieser Publikation). Wichtig ist, sich nicht nur auf die Durchführung zu fokussieren, sondern sich immer mal wieder andere Schritte des Forschungszyklus vorzunehmen. Also zum Beispiel Hypothesen für eine Fragestellung zu finden oder Experimente für eine Hypothese ▶

9 Tipps zur Planung und Organisation

Forschungsprojekte in Schuljahren oder kürzeren Zeiträumen planen, damit

- ◆ Investition und Output zeitlich nah beieinanderliegen und schnelle Erfolgserlebnisse motivieren können,
- ◆ die Teilnahme an Wettbewerben möglich ist. Wettbewerbe beruhen auf Jahreszyklen und die Teilnahme kann ein mögliches Ziel des Forschens im Unterricht sein,
- ◆ über das Jahr hinweg einzelne Elemente des Forschens in den Unterricht eingestreut werden können. Wenn die Schritte eingeübt sind, können die Schülerinnen und Schüler weitgehend selbst forschen. Wenn man die Klasse im nächsten Schuljahr nicht mehr unterrichtet, geht diese Möglichkeit ansonsten oft verloren.

Eine beispielhafte Organisationsstruktur:

- ◆ Eine Unterrichtsstunde zur Einführung, in ein Dachthema oder in ein Gesamtprojekt.
- ◆ Die konkreten Vorbereitungen in den Teams aufteilen und möglichst zu Hause erledigen lassen.
- ◆ Individuelle Teilprojekte in Kleingruppen von zwei bis drei Personen funktionieren am besten.
- ◆ Den praktischen oder experimentellen Teil des Projekts eventuell in einer Doppelstunde im Unterricht durchführen.
- ◆ Die Aufbereitung der Daten erfolgt in den Teams wieder zu Hause.
- ◆ Mindestens eine zusätzliche Stunde für die Ergebnispräsentation einplanen, um Raum für Austausch und gegenseitige Wertschätzung zu schaffen.

auszudenken. Über einen langen Zeitraum kann man weitere Schritte dazunehmen, sie einüben und Zusammenhänge aufzeigen, sodass die Schülerinnen und Schüler am Ende authentisch forschen können.

Über welchen Zeitraum sprechen wir hier?

Wie oft haben Sie als Lehrer mit Ihren Schülerinnen und Schülern geforscht?

Mein Ziel war es, mindestens einmal im Schuljahr ein möglichst nah an der echten Forschung orientiertes Projekt anzubieten. Für die Arbeit am eigenen Projekt plane ich mehr als eine Unterrichtsstunde ein und nutze zum Beispiel die Zeit im Rahmen einer Projektwoche. Die Schülerinnen und Schüler denken sich eine Fragestellung aus, die ich als Lehrer dann gegebenenfalls eingrenze und fokussiere. Daraufhin können sie mit ihrem eigenen Forschungsprojekt starten.

Und wann ist der richtige Zeitpunkt für Forschungsprojekte?

Über das Schuljahr hinweg gibt es immer wieder mal günstige Momente. An einem Projekttag, nach den Zwischenzeugnissen oder kurz vor den Sommerferien zum Beispiel. Für den regulären Unterricht eignen sich kleine und kurze Projekte, die in kleinen Teams bearbeitet werden.

Braucht man für eigene Forschungsprojekte immer eine neue Fragestellung?

Ich halte das für sinnvoll, aber es ist nicht prinzipiell notwendig. Wichtig für die Wahrnehmung der Schülerinnen und Schüler ist, dass sie die Fragestellung beziehungsweise deren Antwort vorher noch nicht kennen, sie also das eigene Projekt als Neuland empfinden. Eine eigene Fragestellung ist meistens hilfreich, weil sie dann kritischer und genauer arbeiten. Und die ist übrigens gar nicht so schwer zu finden: In der Wissenschaft gibt es immer irgendeinen Bereich, der noch nicht untersucht worden ist.

Und wenn Sie sehen, dass eine Fragestellung nicht so neu ist, wie sie der Schülerin oder dem Schüler scheint – verraten Sie es Ihrem Gegenüber?

Das kommt ein bisschen darauf an, wen ich vor mir habe. Bei älteren, ambitionierten Jugendlichen gebe ich Literaturhinweise und bitte sie, ihre Fragestellung neu zu justieren. Etwas Eigenes zu machen, motiviert gleich viel mehr, außerdem will man auch in der realen Forschung nicht das Rad das fünfte Mal neu erfinden. Jüngere Kinder, aus der vierten bis sechsten Klasse, würde ich auch bekannte Fragen bearbeiten lassen. Sie können sich dann an der Frage ausprobieren, und ich kann schnell helfen, wenn sie nicht weiterkommen.

Sie haben viele Jugend-forscht-Arbeiten betreut und in Ihrer Habilitation die Lernprozesse der Wettbewerbsteilnehmenden analysiert. Was sind die größten Herausforderungen für Betreuerinnen und Betreuer und wie löst man die am besten?

Ich glaube, die größte Herausforderung ist es, überhaupt erst einmal die Leute zum Forschen zu bringen. Wenn das läuft, ist es wichtig, dass man dafür sorgt, dass der Flow aufrechterhalten bleibt. Das ist auch gleichzeitig die Lösung.

Und wie schaffen die Lehrkräfte das?

Um mit der Betreuung den Flow aufrechtzuerhalten, muss ich eine Balance zwischen notwendiger Unterstützung und

hinreichendem Selbsttun erzeugen. Dafür muss ich einerseits den Schülerinnen und Schülern Erfolgserlebnisse verschaffen. Sie müssen die Erfahrung machen: „Okay, das, was ich tue, ist sinnvoll und führt zu einem Erfolg.“ Dabei muss ich mitunter auch vermitteln, dass Versuche ohne sichtbare Effekte dazugehören und auch Ergebnisse einbringen. Andererseits müssen sie es vor allem selbst tun. Das ist ein bisschen die Krux. In dem Moment, in dem ich etwas vorgebe oder zu viel eingreife, ist ihr Autonomie-Erleben eingeschränkt, und dann ist es aus ihrer Sicht womöglich nicht mehr ihr eigenes Projekt. Dann habe ich als Lehrer zu viel übernommen. Die große Herausforderung ist also, dass die Lehrkraft es schafft zu sehen, wann der Schüler oder die Schülerin wirklich Unterstützung braucht.

Und wie bekommt man das mit? Muss man dafür bei jedem Schritt dabei sein?

Man muss nicht alles mitkriegen, aber man muss im permanenten Austausch sein. Wenn ich eine Schülerin oder einen Schüler immer mal wieder frage, wie es aussieht, und die Antwort ist: „Hm ja, ich weiß nicht“, dann muss ich die Details gar nicht wissen, sondern weiß, jetzt braucht sie oder er Hilfe. Wenn ich „Alles tippi toppi“ als Antwort bekomme, möchte mich einer entweder loswerden oder es ist tatsächlich alles gut, da muss ich dann noch mal nachfragen. Man muss nicht jede Kleinigkeit wissen, aber wenn ich im Austausch bin und dieses Feedback habe, dann merke ich, ob eine Person Unterstützung braucht oder nicht. Darum geht's, diese Balance hinzubekommen.

Und was brauche ich an der Schule, um forschen zu können? Was können Lehrkräfte zum Beispiel tun, wenn die Laborausstattung der Schule zu wünschen übrig lässt?

Naturwissenschaftliche Forschung funktioniert auch ohne ein gut ausgestattetes Biologie- oder Chemielabor. Daten können auch an anderen Orten gesammelt und ausgewertet werden. Experimentieren kann man fast überall. Auf jeden Fall reichen die Möglichkeiten zu Hause schon meist gut aus. Einer meiner Schüler spielte zum Beispiel gerne Tischtennis und hat mit dem häuslichen Werkzeug eine Vorrichtung gebaut, um die Festigkeit von Tischtennisbällen zu untersuchen.

Und welche Gegebenheiten fördern das Forschen?

In der Schule braucht man vor allem ein Netzwerk der Unterstützung und Zeit. Es gibt aber gute Fortbildungen, die einem den Weg aufzeigen, wie Forschungsprojekte generiert werden können. Und es ist besonders hilfreich, wenn die Schule einem Zeitfenster zur Verfügung stellt. Die Schulleitungen kann man in der Regel mit Label und Zertifikaten, die im MINT-Bereich engagierte Schulen auszeichnen, davon überzeugen, Kapazitäten zur Verfügung zu stellen. Das können nämlich gute Aushängeschilder sein, die das Image der Schule verbessern. ▶



Forschung geht auch ganz ohne Labor

Selbst der Kuhstall nebenan kann erforscht werden. Einer von Jürgen Pauls Schülern war lange auf Themensuche und hat dann festgestellt, dass die Kühe in seinem Heimatdorf zu unterschiedlichen Zeiten unterschiedlich muhen. Durch Tonaufnahmen zu verschiedenen Tageszeiten versuchte er, die Kommunikation der Kühe zu dechiffrieren. Einer ortsfremden Person wäre das Phänomen gar nicht aufgefallen. Das zeigt: Eine Fragestellung aus der eigenen Lebenswelt weckt Interesse, kann leichter selbst bearbeitet werden und bringt meist mehr Spaß.

Foto: Stocksy/Suzi Marshall



◀ **Zweck des Experiments.** Sowohl Schul- als auch Forschungsexperimente haben ihre Berechtigung im Unterricht. So können Lehrkräfte unterschiedliche Ziele erreichen (siehe Kasten unten).

Schulexperiment vs. Forschungsexperiment

Die Zielrichtung ist der wesentliche Unterschied: Beim Forschungsexperiment ist das Ergebnis unbekannt und Ziel ist es, neue Erkenntnisse zu gewinnen. Beim Schulexperiment ist der Lehrkraft der Ausgang bekannt und Ziel ist, es an einer didaktisch geeigneten Stelle im Unterricht zu integrieren. Lehrkräfte können Schulexperimente beispielsweise einsetzen, um Gesetzmäßigkeiten zu überprüfen oder um zu motivieren und Interesse zu wecken. Befunde aus der fachdidaktischen Forschung zeigen, dass Schülerinnen und Schüler durch Schulversuche, die sich kochrezeptartig nur auf die Durchführung konzentrieren, nicht die Denk- und Arbeitsweisen eines Naturwissenschaftlers durchdringen, da der Erkenntnisprozess dann nicht vollständig nachvollzogen werden kann. Indem die Lehrkraft immer wieder unterschiedliche Schritte des Experimentierens an die Schülerinnen und Schüler überträgt (Fragestellung, Hypothesen formulieren, Experiment planen, ...) können jedoch die verschiedenen Elemente des Forschens in den naturwissenschaftlichen Unterricht auch zeitsparend integriert werden.

Und wenn im Unterricht geforscht wird – wie benotet man die Forschungsprojekte überhaupt?

Wenn ich die Projekte benoten möchte, entwerfe ich zuerst ein Raster. Ein Kriterium ist, inwieweit der Schüler wissenschaftlich vorgegangen ist: Hat er eine Fragestellung gehabt, sein Experiment danach ausgerichtet und so weiter. Das zweite Kriterium ist, wie exakt er gearbeitet hat. Wie hat er seine Messgeräte platziert, wie ordentlich hat er zum Beispiel Substanzen zusammengemischt, hat er die vorher abgewogen? Das sieht man an der Präsentation oder wenn man den Schülerinnen und Schülern über die Schulter guckt. Der dritte Punkt ist, aber nicht zu hoch bewerten, die Präsentation selbst: Wurde strukturiert vorgegangen, wurden die Ergebnisse präzise und auf den Punkt genau erklärt? Alles drei sind übrigens Punkte, die vom Ergebnis eines Experiments unabhängig sind.

Also hat eine gute Note nichts mit einem guten Ergebnis zu tun?

Genau, wenn die Schülerinnen und Schüler zuvor sauber gearbeitet haben, haben sie am Ende immer etwas herausgefunden. Es kann auch ein Ergebnis sein, dass mit diesem Experiment die Fragestellung nicht beantwortet werden konnte. In jedem Fall kommt irgendetwas heraus, selbst wenn ich keine Effekte beobachten kann. Es ist zwar toll, wenn es „gut“ läuft, aber das Ergebnis ist nicht entscheidend für die Note. Dann ist auch klar, wo die Stoßrichtung für das Experimentieren im naturwissenschaftlichen Sinne ist. Es kommt eben auf den Erkenntnisgewinn an, nicht auf coole Effekte, und der Erkenntnisgewinn kann auch darin bestehen, dass man merkt, auf diese Art und Weise passiert nichts. ■

► **Jürgen Paul** – Vita siehe Seite 19

Foto: shutterstock/GordenKoff

Forschungsauftrag zu vergeben

Hier ist Mitarbeit gefragt! Je mehr der einzelnen Schritte des Erkenntnisprozesses die Lehrkraft in die Hände der Schülerinnen und Schüler legt, desto eher handelt es sich um forschendes Lernen.

Ziel des forschenden Lernens ist, das reale Forschen nachzuempfinden. Der Weg dorthin kann für die Lernenden stufenweise angepasst werden, indem die Lehrkraft die einzelnen Schritte eines typischen Forschungszyklus (siehe unten) mehr oder weniger vorgibt. In einer „Open Inquiry“ sind den Schülerinnen und Schülern das Phänomen oder die Fragestellung vorgegeben. Bei einer „Structured Inquiry“ sind zusätzlich Hypothese, Versuchsplanung und -durchführung vorgegeben und die Schülerinnen und Schüler sind nur für die Auswertung zuständig. In jedem Fall sollten alle Schritte des Forschungsprozesses thematisiert werden, damit eine Auseinandersetzung mit dem Erkenntnisweg stattfinden kann. Selbst, wenn dieser durch die Lehrkraft vorgegeben ist. Die unten gezeigte Stufung beschreibt aber lediglich die gängige Unterrichtspraxis und soll eine Lehrkraft nicht daran hindern, in einer alternativen Stufung die Verantwortung den Lernenden zu übertragen, zum Beispiel anfangs nur die Formulierung der Hypothese und die Planung des Experiments zu übergeben oder die Fragestellung zu einem vorgegebenen Experiment finden zu lassen.

Die typischen Stufen hin zum forschenden Lernen (0–5 Levels of Inquiry)

	F Frage	H Hypothese	P Planung	V, B V.-Durchführ., Beobachtung	E, D Ergebnisse, Diskussion	Levels of Inquiry Typische Unterrichtssituation
5	Vom Lernenden	Vom Lernenden	Vom Lernenden	Vom Lernenden	Vom Lernenden	Authentic Inquiry Forschendes Lernen zu eigener Fragestellung
4	Vorgegeben	Vom Lernenden	Vom Lernenden	Vom Lernenden	Vom Lernenden	Open (problem-based) Inquiry Forschendes Lernen zu vorgegebenem Phänomen
3	Vorgegeben	Vorgegeben	Vom Lernenden	Vom Lernenden	Vom Lernenden	Open Inquiry Eigenständig planbares Schülerexperiment
2	Vorgegeben	Vorgegeben	Vorgegeben	Vom Lernenden	Vom Lernenden	Guided Inquiry Vorgegebenes Schülerexperiment nach „Kochrezept“
1	Vorgegeben	Vorgegeben	Vorgegeben	Vorgegeben	Vom Lernenden	Structured Inquiry Demonstrationsexperiment mit offener Schülerinterpretation
0	Vorgegeben	Vorgegeben	Vorgegeben	Vorgegeben	Vorgegeben	Confirmation Demonstrationsexperiment mit lehrerzentrierter Auswertung

Paul & Groß (2016), in Anlehnung an Bronner et al. (2015) sowie Buck et al. (2008).

Es muss nicht immer ein Vortrag sein

Abgeschlossene Forschungsprojekte inspirieren auch andere. Sie wecken die Neugier von Schülerinnen und Schülern, die bis dahin nichts mit Forschung zu tun hatten. Es ist also viel zu schade, fertige Projekte in den Schreibtischschubladen verschwinden zu lassen. Hier haben wir spannende Präsentationsmöglichkeiten zusammengestellt.



Projekt in einem Schuhkarton

Die Jugendlichen visualisieren ihr Projekt in einem Schuhkarton und können ihrer Kreativität freien Lauf lassen. Hier ist Platz für kleine Experimente, alltägliche Produkte mit Fragestellungen, Texte oder Zeichnungen. Es ist alles erlaubt, um den Mitschülerinnen und Mitschülern die Forschungsprojekte zu präsentieren. Die Schuhkartons können in der Schule ausgestellt und zum Beispiel im Rahmen einer MINT-Mittagspause präsentiert werden.



MINT-Schülerkongress

Ein ganzer Tag mit Vorträgen, Workshops und Diskussionsrunden rund um MINT – ein Schülerkongress kann an einer einzelnen Schule stattfinden oder auch mit mehreren Schulen zusammen ausgerichtet werden. Hier lässt sich auch jahrgangsübergreifendes Arbeiten gut integrieren, wenn ältere Schülerinnen und Schüler den jüngeren Klassen ihre Forschung vorstellen.



Science Slam

Jugendliche stellen in einem vorgegebenen Zeitrahmen ihr Forschungsthema vor und schaffen dabei die Balance zwischen hohem Unterhaltungswert und wissenschaftlichem Anspruch. Ein Science Slam kann beispielsweise in einer Einheit zum Thema „Vortragen/Präsentieren“ oder in einer Projektwoche geplant und geübt werden und eignet sich auch als Abendveranstaltung, zu der Familie und Freunde eingeladen werden können.

Foto: Joachim Herz Stiftung/Jörg Müller



Science Café

Bei einem Science Café stimmen die Jugendlichen mit Kurzvorträgen auf ihr Forschungsthema ein. Schülerinnen und Schüler können hinterher als Café-Gäste Fragen stellen. Zudem kann eine Wissenschaftlerin oder ein Wissenschaftler eingeladen werden und Einblicke in die eigene Forschungspraxis geben.



Wissenschaftlicher Artikel

An vielen Schulen gibt es eine Schülerzeitung. Hier schreiben die schuleigenen Forscherinnen und Forscher über ihre Projekte und Erkenntnisse. Das kann in Form von einzelnen Meldungen oder in einer eigenen Rubrik zum Thema „Wissenschaft“ stattfinden – wie bei großen Tageszeitungen.



Erklärvideo

Ein ganz anderer Weg ist, seine eigene Forschung in einem Video (z. B. in einem Stop-Motion-Film) darzustellen. Das Video lässt sich über die Präsentation hinaus nutzen, um zum Beispiel auf der Website der Schule auf die Forschungsaktivitäten hinzuweisen.



Präsentation

Das eigene Forschungsprojekt kann auch ganz klassisch mit einem Poster oder Präsentationsfolien vorgestellt werden. Das Programm Jugend präsentiert fördert Jugendliche bei dem Ausbau ihrer Präsentationskompetenz, vor allem in den MINT-Fächern.

Literaturangaben

Jennifer Plath und Jenny Meßinger-Koppelt: Forschen im Unterricht

Nerdel, C. (2017). Unterrichtskonzeptionen. In *Grundlagen der Naturwissenschaftsdidaktik*. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-53158-7_8

Paul, J., Lederman, N. G., & Groß, J. (2016). Learning experimentation through science fairs. *International Journal of Science Education*, 38(15), 2367–2387. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1243272>

Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., De Jong, T., Van Riesen, S. A., Kamp, E. T., ... & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 47–61.

Till Bruckermann: Mit Schülerinnen und Schülern forschen(d) lernen. Wie kann ein authentisches Bild der Naturwissenschaften entstehen?

Zeitschriftenbeitrag:
Arnold, J., Kremer, K. & Mayer, J. (2017). Scaffolding beim Forschenden Lernen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 23(1), 21–37. <https://doi.org/10.1007/s40573-016-0053-0>

Baur, A., Hummel, E., Emden, M. & Schröter, E. (2020). Wie offen sollte offenes Experimentieren sein? Ein Plädoyer für das geöffnete Experimentieren. *MNU Journal*, 2, 125–128.

Garrecht, C., Bruckermann, T. & Harms, U. (2018). Students' Decision-Making in Education for Sustainability-Related Extracurricular Activities: A Systematic Review of Empirical Studies. *Sustainability*, 10(11), 3876. <https://doi.org/10.3390/su10113876>

Höttecke, D. & Rieß, F. (2015). Naturwissenschaftliches Experimentieren im Lichte der jüngeren Wissenschaftsforschung – Auf der Suche nach einem authentischen Experimentbegriff der Fachdidaktik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 21(1), 127–139. <https://doi.org/10.1007/s40573-015-0030-z>

Kind, P. & Osborne, J. (2017). Styles of scientific reasoning: A cultural rationale for science education? *Science Education*, 101(1), 8–31. <https://doi.org/10.1002/sce.21251>

Stamer, I., David, M. A., Höfler, T., Schwarzer, S. & Parchmann, I. (2021). Authentic insights into science: Scientific videos used in out-of-school learning environments. *International Journal of Science Education*, 1–20. <https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1891321>

Wellnitz, N., Fischer, H. E., Kauertz, A., Mayer, J., Neumann, I., Pant, H. A. et al. (2012). Evaluation der Bildungsstandards: Eine fächerübergreifende Testkonzeption für den Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 18, 261–291.

Beitrag in Herausgeberwerk:
Bruckermann, T., Arnold, J., Kremer, K. & Schlüter, K. (2017). Forschendes Lernen in der Biologie. In T. Bruckermann & K. Schlüter (Hrsg.), *Forschendes Lernen im Experimentalpraktikum Biologie* (S. 11–26). Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum https://doi.org/10.1007/978-3-662-53308-6_2

Bruckermann, T. & Mahler, D. (2021). Online-Citizen-Science-Plattformen zum Mitforschen. In J. Maxton-Küchemeister & J. Meßinger-Koppelt (Hrsg.), *Naturwissenschaften digital – Toolbox für den Unterricht* (Band 2, S. 60–63). Hamburg: Joachim Herz Stiftung.

Fischler, H., Gebhard, U. & Rehm, M. (2018). Naturwissenschaftliche Bildung und Scientific Literacy. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 11–29). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-56320-5_2

Reinmann, G. (2015). Heterogenität und forschendes Lernen: Hochschuldidaktische Möglichkeiten und Grenzen. In B. Klages, M. Bonillo, S. Reinders & A. Bohmeyer (Hrsg.), *Gestaltungsraum Hochschullehre* (S. 121–137). Opladen: Budrich UniPress.

Roberts, D. A. (2007). Scientific literacy / Science literacy. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Hrsg.), *Handbook of Research on Science Education* (S. 729–780). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

Jürgen Paul: Kleine Fragen – große Erkenntnisse. Lernende beim Forschen inspirieren, unterstützen und begleiten

Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift für Pädagogik*, 39, 223–238.

Höttecke, D., & Rieß, F. (2015). Naturwissenschaftliches Experimentieren im Lichte der jüngeren Wissenschaftsforschung: Auf der Suche nach einem authentischen Experimentbegriff der Fachdidaktik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 21(1), 127–139. Vgl.: https://www.pedocs.de/volltexte/2017/11173/pdf/ZfPaed_1993_2_Deci_Ryan_Die_Selbstbestimmungstheorie_der_Motivation.pdf

Paul, J., Lederman, N. G. & Groß, J. (2016). Learning experimentation through science fairs. *International Journal of Science Education*, 38(15), 2367–2387. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1243272>

Paul, J. & Groß, J. (2017). How Science Fairs Foster Inquiry Skills and Enrich Learning. *School Science Review*, 99(367), 115–121.

Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., De Jong, T., Van Riesen, S. A., Kamp, E. T., ... & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 47–61.

Christine Köhler: Das Forschen im Blick. Unterstützendes Material für Schülerinnen und Schüler konzipieren

Höttecke, D. & Hopf, M. (2018). Schülervorstellungen zur Natur der Naturwissenschaften. In H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf & R. Duit (Hrsg.), *Schülervorstellungen und Physikunterricht* (S. 271–287). Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-662-57270-2_13

Paul, J. & Groß, J. (2016). Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik: Nature of Science (NoS) und Forschendes Lernen im Wettbewerb Jugend forscht. In U. Gebhard & M. Hammann (Hrsg.), *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik* (Bd. 7, S. 57–73). Innsbruck: Studienverlag.

Julia Lorke: Wissenschaft zum Mitforschen. Citizen Science für die Schulpraxis

Haklay, M., Fraisl, D., Greshake Tzovaras, B., Hecker, S., Gold, M., Hager, G., Ceccaroni, L., Kieslinger, B., Wehn, U., Woods, S., Nold, C., Balazs, B., Mazzonetto, M., Rüfenacht, S., Shanley, L., Wagenknecht, K., Motion, A., Sforzi, A., Riemenschneider, D., ... & Vohland, K. (2021). Contours of citizen science: A vignette study. *Royal Society Open Science*, 8(8). <https://doi.org/10.1098/rsos.202108>

Harris, E. M. & Ballard, H. L. (2021). Examining student environmental science agency across school science contexts. *Journal of Research in Science Teaching*, 1–12. <https://doi.org/10.1002/tea.21685>

Peter, M., Diëkötter, T. & Kremer, K. (2019). Participant Outcomes of Biodiversity Citizen Science Projects: A Systematic Literature Review. *Sustainability*, 11, 2780. <https://doi.org/10.3390/su1102780>

Shirk, J. L., Ballard, H. L., Wilderman, C. C., Phillips, T., Wiggins, A., Jordan, R., McCallie, E., Minarchek, M., Lewenstein, B. V., Krasny, M. E., & Bonney, R. (2012). Public Participation in Scientific Research: A Framework for Deliberate Design. *Ecology and Society*, 17(2). <https://doi.org/10.5751/es-04705-170229>



Von
Augmented
Reality bis zum
kollaborativen
Arbeiten



Das neue Lernportal LEIFchemie ist da

Mit den kostenfreien Materialien, Versuchen, Aufgaben, Simulationen und Videos können Lehrkräfte anschaulich unterrichten und Jugendliche selbstständig lernen. Zu finden unter: www.leifchemie.de

Das Lernportal bietet:

- ◆ Unterrichtsmaterialien nach Klassenstufe und Bundesland
- ◆ individuelle Sammlungen für Lerninhalte
- ◆ Hilfe bei den Hausaufgaben, Anregungen für Experimente
- ◆ Unterstützung bei der Klausurvorbereitung
- ◆ Monat für Monat neues Material

Toolbox „Naturwissenschaften digital“

Digitale Werkzeuge können die Fächer Biologie, Chemie und Physik sowie den Sachunterricht sehr bereichern. Die zweiteilige Publikation „Naturwissenschaften digital – Toolbox für den Unterricht“ gibt 38 praktische Anregungen zum Lehren und Lernen mit digitalen Medien im Unterricht. Jetzt kostenlos bestellen oder herunterladen.

www.joachim-herz-stiftung.de/toolbox



Impressum

Herausgeberin

Joachim Herz Stiftung
Langenhorner Chaussee 384
22419 Hamburg
www.joachim-herz-stiftung.de

Ansprechpartnerinnen

Dr. Jennifer Plath, Joachim Herz Stiftung
jplath@joachim-herz-stiftung.de
T 040 533 295-96

Dr. Jenny Meßinger-Koppelt, Joachim Herz Stiftung
jmessinger@joachim-herz-stiftung.de
T 040 533 295-42

Redaktion

Katalin Akócsi, Joachim Herz Stiftung
kakocsi@joachim-herz-stiftung.de
T 040 533 295-49

Gestaltung

Sandra Ost, Hamburg

Litho

Frische Grafik, Hamburg

Druck

Buch- und Offsetdruckerei Häuser KG, Köln

Coverabbildung

Joachim Herz Stiftung/Jörg Müller

© Joachim Herz Stiftung 2021

Eine digitale Fassung dieser Broschüre finden Sie auf der Website der Joachim Herz Stiftung unter Publikationen.

Durch eigene kleine Forschungsprojekte im naturwissenschaftlichen Unterricht erleben Schülerinnen und Schüler, wie Wissen entsteht. Sie bauen Fachwissen auf, lernen fachspezifische Denk- und Arbeitsweisen kennen und werden selbst aktiv. Obendrein machen Forschungsprojekte Kindern und Jugendlichen Spaß und bringen auch für Lehrkräfte Abwechslung in den Schulalltag.

In dieser Broschüre zeigen Expertinnen und Experten aus Schulpraxis und Hochschule an konkreten Beispielen, wie Lehrkräfte

- ◆ forschendes Arbeiten in den Regelunterricht integrieren,
- ◆ curriculare Lernziele durch Forschungsprojekte verfolgen können,
- ◆ Schülerinnen und Schüler für eigene Projekte begeistern,
- ◆ passende Einstiegsformate in die Welt der Wissenschaft finden,
- ◆ erfolgreich mit jungen Lernenden forschen.

Joachim Herz Stiftung
Langenhorner Chaussee 384
22419 Hamburg

www.joachim-herz-stiftung.de

[@joachimherzstiftung](https://www.facebook.com/joachimherzstiftung) [@joachimherzstiftung](https://www.instagram.com/joachimherzstiftung) [@jherzstiftung](https://www.twitter.com/jherzstiftung)